

## EKSPLORASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA PADA TINGKAT KELERENGAN LAHAN BERBEDA DI LAHAN KONSERVASI TANAMAN NANAS LOKAL

### Exploration of Arbuscular Mycorrhizal Fungi at Different Land Slope Gradients in Local Pineapple Conservation Areas

Muhammad Fahyu Sanjaya<sup>1\*</sup>, Ihsan Arham<sup>1</sup>, Sri Sukmawati<sup>1</sup>, Irlan<sup>2</sup>, Kurniati<sup>1</sup>, Abd Rukman Burhan<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Universitas Sulawesi Barat, Indonesia.

<sup>2</sup>Program Studi Kehutanan, Fakultas Pertanian dan Kehutanan, Universitas Sulawesi Barat, Indonesia.

\*Penulis korespondensi: muh.fahyusanjaya@unsulbar.ac.id

#### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi karakteristik Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) pada berbagai tingkat keterenggan lahan konservasi tanaman nanas lokal di Kabupaten Majene. Analisis dilakukan pada lima tingkat keterenggan, yaitu datar (0-8%), landai (8-15%), agak curam (15-25%), curam (25-45%) dan sangat curam (>45%), untuk mengidentifikasi kepadatan serta morfologi spora FMA, serta kaitannya dengan faktor ekologi, seperti kondisi iklim dan topografi. Hasil menunjukkan bahwa tingkat keterenggan secara signifikan mempengaruhi kepadatan spora FMA, dengan kepadatan tertinggi pada lahan agak curam dan curam, sedangkan lahan datar, landai, dan sangat curam memiliki kepadatan yang lebih rendah. Empat genus spora FMA berhasil diidentifikasi, yaitu *Glomus* sp., *Acaulospora* sp., *Gigaspora* sp., dan *Scutellospora* sp., *Glomus* sp. mendominasi pada seluruh tingkat keterenggan, sementara *Acaulospora* sp. lebih banyak ditemukan pada keterenggan landai, dan *Gigaspora* sp. menunjukkan preferensi terhadap lahan curam. *Scutellospora* sp. terdeteksi dalam jumlah terbatas pada keterenggan yang lebih ekstrem. Faktor lingkungan, termasuk suhu stabil (27,61 °C-27,77 °C), kelembaban relatif tinggi (79,44%-80,41%) dan presipitasi yang bervariasi, mempengaruhi distribusi dan morfologi spora FMA. Temuan ini menegaskan bahwa kondisi topografi dan iklim berperan penting dalam mendukung keberlanjutan FMA di sistem konservasi pertanian. Studi ini memberikan landasan ilmiah untuk pengelolaan lahan berbasis ekologi dalam upaya konservasi keanekaragaman FMA dan peningkatan produktivitas tanaman.

**Kata Kunci:** *Fungi Mikoriza Arbuskula, keterenggan, konservasi lahan, nanas lokal.*

#### Abstract

This study aimed to explore the characteristics of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) across varying land slope gradients in the conservation area of local pineapple plantations in Majene Regency. The analysis was conducted on five slope categories: flat (0-8%), gentle (8-15%), moderately steep (15-25%), steep (25-45%), and very steep (>45%), to examine the spore density and morphology of AMF as well as to see its relationship to ecological factors such as climate and topography. The results revealed that slope gradients significantly influenced AMF spore density, with the highest density observed on moderately steep and steep slopes. In contrast, lower densities were recorded on flat, gentle, and very steep slopes. Four AMF spore genera were identified: *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, and *Scutellospora*. *Glomus* was dominant across all slopes, *Acaulospora* was more prevalent on moderate slopes, and *Gigaspora* preferred steep slopes. *Scutellospora* was detected in limited quantities on extreme slopes. Environmental factors, including stable temperatures (27.61 °C-27.77 °C), high relative humidity (79.44%-80.41%), and varying precipitation levels, influenced AMF spore distribution and morphology. These findings emphasize the critical role of topography and climate in supporting AMF sustainability in management strategies to conserve AMF biodiversity and enhance crop productivity.

**Keywords:** *Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Slope gradients, land conservation, local pineapple.*

## Pendahuluan

Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) merupakan organisme yang memiliki peran penting dalam ekosistem tanah dan memainkan peran dalam meningkatkan jumlah nutrisi yang tersedia untuk tanaman, terutama dalam sistem pertanian berkelanjutan. Hubungan simbiosis antara FMA dan akar tanaman yaitu dalam hal meningkatkan efisiensi serapan hara, terutama fosfor (P), dan memperbaiki struktur tanah melalui agregasi partikel tanah yang lebih baik. Hal ini sangat penting untuk sektor pertanian saat ini. Hal ini semakin menekankan pentingnya penggunaan sumber daya alam yang bijak dan ramah lingkungan (Duvaleix et al., 2020). Mayoritas tanaman terestrial berhubungan secara simbiotik dengan FMA, yang berkontribusi besar terhadap stabilitas ekosistem dan produktivitas tanaman. FMA sering dipengaruhi oleh banyak faktor lingkungan, termasuk kondisi topografi atau kelerengan lahan (Faghihinia et al., 2023; Kalamulla et al., 2024). FMA berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, terutama dalam kondisi tanah yang kekurangan nutrisi. Selain itu, FMA meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen, kekeringan, dan stress lingkungan lainnya (Luo et al., 2024; Wang et al., 2024). Oleh karena itu, keberadaan FMA sangat penting untuk meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan sistem pertanian (Abarca et al., 2024; Wang et al., 2024).

Kelerengan lahan secara langsung mempengaruhi berbagai aspek ekosistem tanah, seperti struktur, kelembaban, aerasi, dan erosi tanah. Lahan dengan kemiringan yang cukup curam cenderung mengalami erosi lebih besar, yang dapat mempengaruhi komposisi dan struktur mikroba tanah, termasuk FMA (Lara-Capistran et al., 2021). Sebaliknya lahan dengan kemiringan yang lebih landai cenderung memiliki kelembaban dan stabilitas tanah yang lebih baik, yang dapat mendukung pertumbuhan jaringan hifa FMA. Oleh karena itu, variasi kelerengan lahan mungkin mempengaruhi keberadaan dan aktivitas FMA di dalam tanah, serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman (Zhang et al., 2019).

Studi sebelumnya telah menunjukkan bahwa distribusi dan keragaman spesies FMA dapat dipengaruhi oleh kondisi tanah yang berbeda akibat variasi kelerengan (Zhang et al., 2019). Lahan yang curam, tingkat erosi yang tinggi dapat mengurangi kandungan bahan organik dan nutrisi dalam tanah, yang selanjutnya membatasi perkembangan FMA. Lahan dengan kelerengan datar, kondisi tanah yang

lebih stabil dan kaya akan bahan organik memungkinkan kolonisasi FMA yang lebih baik. Penelitian tentang hubungan antara kelerengan lahan dan distribusi FMA masih langka, khususnya pada berbagai ekosistem pertanian di daerah tropis.

Pengembangan pertanian berkelanjutan ditentukan secara signifikan oleh karakteristik lahan pertanian. Keberhasilan strategi pertanian yang ramah lingkungan dan efisien bergantung pada berbagai aspek, termasuk jenis tanah, topografi, ketersediaan air, dan pengelolaan lahan. Kabupaten Majene memiliki topografi yang beragam, mulai dari daratan rendah hingga wilayah pegunungan, yang berdampak pada iklim mikro dan kesuburan tanah (Saikanth et al., 2023). Selain itu, pola curah hujan yang cenderung tersebar sepanjang tahun memungkinkan pengelolaan air yang lebih baik; ini sangat penting untuk mengurangi risiko kekeringan atau banjir. Studi sebelumnya menunjukkan bahwa produktivitas pertanian komoditas nanas di Kabupaten Majene sangat dipengaruhi oleh jenis tanah dan pengelolaan lahan (Sanjaya et al., 2024). Sebagian besar lahan pertanian di wilayah ini terdiri dari jenis tanah seperti Alfisol dan Ultisol. Tanah-tanah ini dikenal memiliki kandungan bahan organik rendah dan membutuhkan intervensi pengelolaan yang tepat untuk mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal (Mukhlis et al., 2018). Adopsi metode pertanian konservasi, seperti agroforestri, integrasi sistem tanaman-peternakan, dan penggunaan pupuk organik, telah terbukti dapat meningkatkan kualitas tanah dan mengurangi dampak negatif terhadap lingkungan (Udawatta et al., 2019; Deng et al., 2021; Matos et al., 2022).

Kabupaten Majene memiliki potensi pertanian yang besar. Nanas lokal (*Ananas comosus*) adalah salah satu tanaman utama yang dibudidayakan di daerah ini dan sangat bermanfaat bagi masyarakat setempat. Di Kabupaten Majene, lahan konservasi untuk tanaman nanas terdiri dari dataran rendah hingga perbukitan dengan berbagai kemiringan lahan. Topografi ini menyebabkan perubahan dalam kondisi tanah dan iklim mikro, yang dapat mempengaruhi keberadaan dan aktivitas FMA pada tingkat kelerengan yang berbeda. Belum banyak penelitian yang mengkaji bagaimana variasi kelerengan di lahan konservasi nanas dapat mempengaruhi distribusi dan sifat FMA. Penelitian ini bertujuan untuk melihat karakteristik FMA pada lahan konservasi tanaman nanas lokal Kabupaten Majene dengan berbagai tingkat kelerengan.

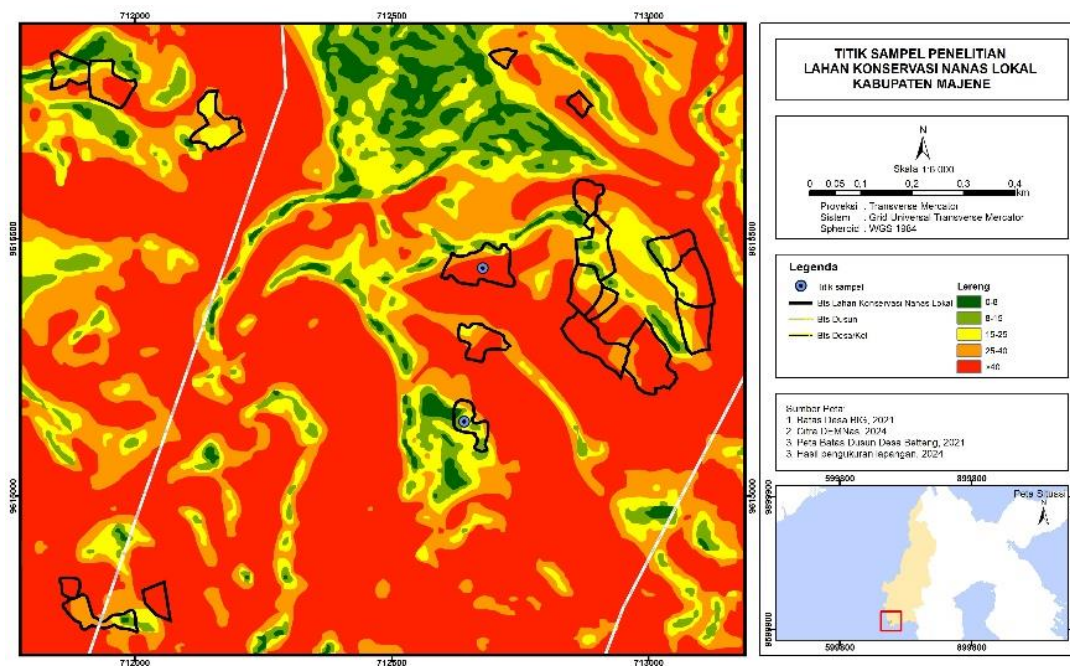
Penelitian ini diharapkan dapat menjadi sumber informasi mengenai pengaruh antara perbedaan kelerengan terhadap kelimpahan, diversitas, dan identifikasi morfologi FMA. Hasilnya juga akan memberikan wawasan ilmiah tentang ekologi FMA di daerah tropis dan akan memberikan dasar ilmiah untuk strategi pengelolaan lahan konservasi yang lebih efisien dan berkelanjutan. Akhirnya pertanian nanas lokal yang lebih efisien dan ramah lingkungan di wilayah Majene dapat didukung oleh penelitian ini.

## Bahan dan Metode

### *Waktu dan Tempat Penelitian*

Penelitian ini dilaksanakan di bulan Juli hingga September 2024 di Kabupaten Majene

Provinsi Sulawesi Barat. Pengumpulan data eksplorasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) pada lahan konservasi budidaya Nanas lokal dilakukan di Desa Betteng, Kecamatan Pamboang. Desa tersebut merupakan desa penghasil Nanas khas lokal yang terdapat di Kabupaten Majene. Sampel tanah diambil dari lima tipe kelerengan yaitu datar (0-8%), landai (8-15%), agak curam (15-25%), curam (25-45%) dan sangat curam (>45%) dengan kedalaman pengambilan sampel 0-20 cm dari atas permukaan tanah dengan masing-masing tipe kelerengan diambil sebanyak lima kali sampel (Gambar 1). Isolasi dan identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) indigenous dilakukan di Laboratorium Pusat Biotek, Universitas Institut Pertanian Bogor, Bogor.



Gambar 1. Lokasi Titik pengambilan Sampel di Desa Betteng, Kecamatan Pamboang, Kabupaten Majene.

### *Ekstraksi Spora Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA)*

Seberat 50 g dari sampel tanah yang homogen dan kering diekstraksi dengan menggunakan pengayakan basah (INVAM, 2024). Sampel tersebut dicampur dengan 200 mL air dan kemudian disaring menggunakan filter bertingkat dari ukuran 500  $\mu\text{m}$ , 53  $\mu\text{m}$ , 45  $\mu\text{m}$ , dan 38  $\mu\text{m}$ . Sampel distilat 38  $\mu\text{m}$  ditempatkan ke dalam tabung sentrifus dan ditambahkan dengan 60% larutan glukosa, lalu disentrifugasi dengan kecepatan 3.000

rpm selama 3 menit. Hasil larutan yang disentrifugasi dituangkan ke dalam filter 38  $\mu\text{m}$  dan kemudian dibilas dengan air. Larutan supernatan yang tersisa dalam filter ini kemudian dimasukkan ke dalam gelas piala 150 ml untuk selanjutnya diamati per 50 mL.

### *Perhitungan Spora Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA)*

Perhitungan spora FMA merujuk pada INVAM, (2024). Larutan supernatan hasil ekstraksi spora FMA dipipet ke dalam gelas piala 50 mL, dan

1 mL larutan ini dimasukkan ke dalam cawan Petri. Jumlah spora kemudian diamati dan dihitung dengan menggunakan mikroskop binokuler dengan perbesaran 40x. Setiap 1 ml larutan supernatan diamati dengan satu bidang pandang dan larutan yang hanya memiliki 2 spora per bidang pandang, maka dihitung untuk seluruh area cawan. Rata-rata jumlah spora dihitung per mL inokulum. Apabila terdapat lebih dari 2 spora per bidang pandang, maka tempatkan grid berukuran 1 cm dengan ukuran cawan petri (grid dibuat di atas lembar asetat) diletakkan di bawah cawan dan pilih minimal 10 kotak berukuran 1 cm<sup>2</sup>. Spora dihitung pada setiap kotak dan kalikan dengan jumlah kotak pada grid untuk mengestimasi jumlah spora per ml inokulum.

#### Identifikasi Spora Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA)

Spora Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) diidentifikasi dengan mengamati warna, ukuran, dan bentuk spora menggunakan mikroskop binokuler dengan perbesaran 100x, hasil pengamatan dicocokkan dengan deskripsi spesies spora FMA yang tercatat di INVAM, (2024) Metode identifikasi spora FMA ini sesuai dengan yang dikembangkan oleh Brundrett (2004).

#### Analisis dan Penyajian Data

Data dianalisis dengan analisis sidik ragam (anova) pada taraf kepercayaan 95% dengan menggunakan software Excel dan R-Statistik. Beda nyata tiap perlakuan kelerengan diuji lanjut

Duncan's Multiple Range Test (DMRT). Data hasil pengamatan disajikan dalam bentuk tabel dan gambar.

## Hasil dan Pembahasan

### Kondisi Iklim di Lokasi Penelitian

Data iklim yang meliputi kelembaban relatif, presipitasi, temperatur, dan kecepatan angin pada bulan Juli hingga September tahun 2024 selama penelitian diperoleh dari data NASA. Bulan pada data iklim mengikuti waktu pelaksanaan pengambilan sampel yaitu dari bulan juli hingga september. Data iklim di lokasi penelitian lahan konservasi tanaman nanas lokal disajikan pada Tabel 1. Data yang diperoleh pada bulan Juli, kelembaban relatif tercatat sebesar 80,41%, dengan presipitasi mencapai 237,63 mm, temperatur rata-rata 27,61 °C, dan kecepatan angin 8,33 m/s. Bulan Agustus, terdapat sedikit penurunan kelembaban menjadi 80,09%, sementara presipitasi mengalami peningkatan signifikan 450,96 mm. Temperatur bulan ini sedikit lebih tinggi yaitu 27,71 °C dengan kecepatan angin meningkat menjadi 8,55 m/s. Di bulan September, kelembaban relatif terus menurun hingga 79,44%, sementara presipitasi tercatat sebesar 342,49 mm. Temperatur tercatat pada angka 27,77°C dengan kecepatan angin sebesar 7,97 m/s.

Tabel 1. Data iklim di lokasi penelitian lahan konservasi tanaman nanas lokal.

| Bulan     | Kelembaban Relatif (%) | Presipitasi (mm) | Temperatur (°C) | Kecepatan Angin (m/s) |
|-----------|------------------------|------------------|-----------------|-----------------------|
| Juli      | 80,41                  | 237,63           | 27,61           | 8,33                  |
| Agustus   | 80,09                  | 450,96           | 27,71           | 8,55                  |
| September | 79,44                  | 342,49           | 27,77           | 7,97                  |

Sumber: (NASA POWER, 2024)

Pola perubahan ini menunjukkan adanya fluktuasi dalam parameter iklim, terutama pada presipitasi yang mencapai puncaknya pada bulan Agustus. Fluktuasi iklim semacam ini sangat penting dalam pengelolaan ekosistem tanaman tropika, khususnya pada komoditi nanas (*Ananas comosus*), yang sangat dipengaruhi oleh kelembaban tinggi dan curah hujan untuk optimalisasi pertumbuhan dan produktivitas buah. Penelitian sebelumnya menyatakan bahwa kelembaban yang ideal bagi pertumbuhan nanas berkisar antara 70-

80%, dengan curah hujan optimal sekitar 1000-1500 mm per tahun untuk mendapatkan hasil panen yang maksimal (Mendonca, 2013). Kecepatan angin yang terukur selama periode ini juga relevan, mengingat tanaman nanas memerlukan sirkulasi udara yang baik untuk menghindari penyakit yang berkaitan dengan kelembaban tinggi, seperti *black rot* dan *pink disease* (Williams et al., 2017).

Menurut penelitian yang dilakukan oleh Wang et al. (2022), perubahan iklim tropis seperti

peningkatan curah hujan dan variasi kelembaban dapat memengaruhi kualitas dan kuantitas produksi nanas, terutama di daerah tropis lembab seperti Indonesia. penyesuaian teknik budidaya serta penggunaan varietas yang lebih tahan terhadap perubahan lingkungan dapat menjadi salah satu solusi untuk menghadapi tantangan tersebut (Cai et al., 2023).

### ***Kepadatan Spora Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)***

Kepadatan spora FMA merupakan jumlah spora yang dihitung setelah sampel tanah diekstraksi menggunakan metode saringan basah. Kepadatan spora per 50 g disajikan pada Tabel 2. Kepadatan spora FMA pada berbagai tingkat kelerengan, menunjukkan hasil yang signifikan dari hasil uji Anova. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kepadatan spora FMA berbeda secara signifikan pada berbagai tingkat kelerengan lahan (Tabel 2). Kepadatan spora tertinggi ditemukan pada lahan dengan tingkat kelerengan agak curam ( $29,0 \pm 14,78$ ), diikuti oleh curam ( $23,4 \pm 10,13$ ). Sebaliknya kelerengan datar, landai dan sangat curam menunjukkan kepadatan spora yang jauh lebih rendah masing-masing sebesar  $7,2 \pm 8,22$ ;  $5,6 \pm 6,50$ ; dan  $2,2 \pm 4,91$ . Perbedaan ini dapat dijelaskan melalui pengaruh kombinasi faktor edafik dan iklim terhadap distribusi dan aktivitas ekologi FMA (Sui et al., 2023).

Tabel 2. Kepadatan spora fungi mikoriza arbuskula pada berbagai tingkat kelerengan (mean $\pm$ sd).

| Kelerengan   | Kepadatan          |
|--------------|--------------------|
| Datar        | $7,2 \pm 8,22$ b   |
| Landai       | $5,6 \pm 6,50$ b   |
| Agak Curam   | $29,0 \pm 14,78$ a |
| Curam        | $23,4 \pm 10,13$ a |
| Sangat Curam | $2,2 \pm 4,91$ b   |

Keterangan: Huruf berbeda pada akhir angka menunjukkan pengaruh berbeda nyata pada masing-masing tingkat kelerengan; uji lanjut menggunakan uji DMRT ( $p < 0,05$ ).

Kondisi lahan dengan kelerengan agak curam dan curam, potensi aerasi tanah dan drainase yang baik tampaknya menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan dan reproduksi spora FMA. Tanah dengan drainase yang cukup baik dapat mencegah akumulasi air berlebih yang dapat merusak hifa dan spora. Selain itu, kelerengan ini memungkinkan distribusi bahan organik lebih merata dibandingkan kelerengan yang sangat

curam, yang cenderung mengalami erosi lebih tinggi (Tzimopoulos et al., 2023).

Sebaliknya kelerengan sangat curam, erosi yang tinggi kemungkinan mengurangi ketersediaan bahan organik dan nutrisi tanah, yang sangat penting bagi pertumbuhan FMA (Tsybulka et al., 2022). Akumulasi air dan kelembaban pada kelerengan datar dan landai juga dapat menciptakan kondisi anaerobik di zona akar, menghambat aktivitas fungi. Hal ini konsisten dengan penelitian yang menunjukkan bahwa kondisi tanah yang tergenang atau sangat lembab dapat menurunkan viabilitas spora FMA (Brundrett, 2017). Data iklim pada Lokasi penelitian juga memberikan wawasan penting. Kelembaban relatif tinggi (79,44%-80,41%), presipitasi signifikan (237,63-450,96 mm), dan suhu stabil sekitar 27,6 °C, kondisi ini umumnya mendukung aktivitas mikroorganisme tanah. Namun, tingginya presipitasi selama bulan Agustus (450,96 mm) dapat meningkatkan risiko pencucian nutrisi dan erosi pada kelerengan curam, yang berpengaruh negatif pada populasi spora di lokasi sangat curam (Tabel 2). Kecepatan angin (7,97-8,55 m/s) juga dapat memengaruhi pengeringan tanah pada area terbuka, yang mungkin mendukung distribusi spora melalui aerosol atau mengurangi kelembapan tanah berlebih (Meena et al., 2017).

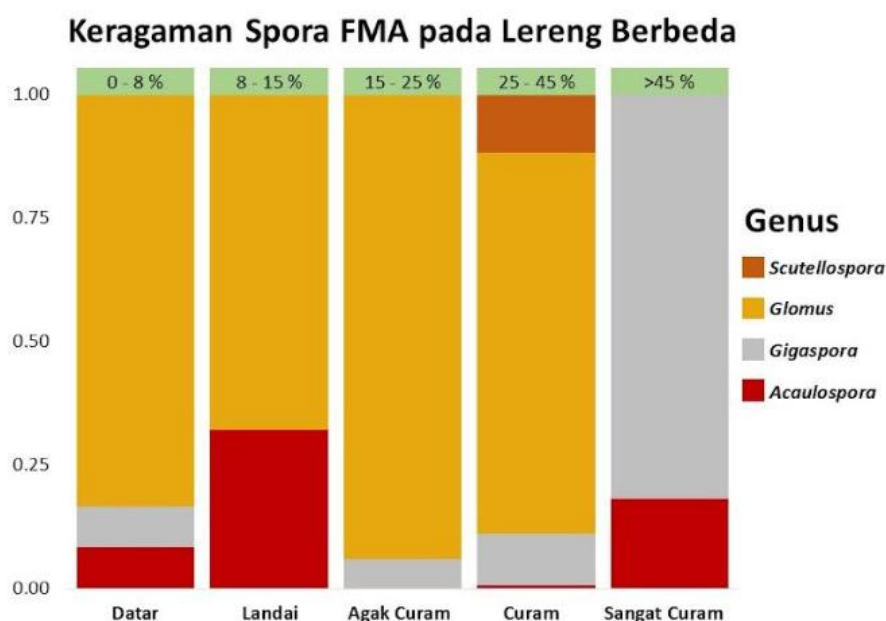
Fungi mikoriza arbuskula memainkan peran penting dalam meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi, terutama fosfor, pada tanaman di kondisi lahan marginal seperti lokasi konservasi nanas lokal ini. Karakteristik ekologi FMA, seperti kemampuan bertahan dalam kondisi lingkungan yang bervariasi, menjadikan mikroba ini sangat relevan pada ekosistem terdegradasi atau suboptimal. Namun, data ini juga menunjukkan bahwa tingkat kelerengan tertentu memberikan manfaat lebih besar bagi aktivitas FMA, yang kemungkinan berkontribusi pada keberhasilan kolonisasi akar tanaman di lokasi dengan agak curam dan curam.

Hasil menunjukkan bahwa data iklim, distribusi spora yang lebih rendah pada kelerengan datar dan landai menunjukkan bahwa optimalisasi drainase dan pengelolaan kelembapan menjadi strategi penting untuk meningkatkan kinerja FMA di area ini. Penelitian ini menggarisbawahi pentingnya pendekatan holistik, yang mengintegrasikan pengelolaan iklim mikro dengan kondisi topografi dalam memanfaatkan fungsi mikoriza untuk keberlanjutan agroekosistem konservasi nanas lokal.

### Keragaman Spora Fungi Mikoriza Asbukular (FMA)

Sebaran Kepadatan Genus Spora Fungi Mikoriza Asbukular (FMA) pada masing-masing tingkat kelerengan menunjukkan distribusi relatif kepadatan spora dari empat genus utama Fungi Mikoriza Asbukular (FMA), yaitu *Glomus*, *Acaulospora*, *Gigaspora*, dan *Scutellospora*, di berbagai tingkat kelerengan lahan konservasi tanaman nanas lokal (Gambar 2). Tingkat kelerengan yang diamati meliputi datar, landai, curam, agak curam, dan sangat curam. Hasil menunjukkan perbedaan signifikan dalam distribusi dan dominansi genus di setiap kelerengan, mencerminkan adaptasi ekologi spesifik dari masing-masing genus terhadap kondisi

lingkungan. Secara umum, *Glomus* sp. mendominasi pada semua tingkat kelerengan, terutama di lahan datar hingga curam. Dominansi ini kemungkinan besar disebabkan oleh kemampuan *Glomus* sp. untuk membentuk spora dengan struktur morfologi sederhana, namun tahan terhadap perubahan lingkungan, seperti kelembaban relatif yang fluktuatif (rata-rata 79,44%-80,41% berdasarkan data iklim) dan suhu yang cukup tinggi (27,61 °C-27,77 °C). Adaptasi ini sejalan dengan temuan sebelumnya yang menyebutkan bahwa *Glomus* sp. memiliki toleransi tinggi terhadap kondisi edafik yang bervariasi, termasuk tingkat erosi yang lebih rendah pada lahan datar hingga landai (Smith & Read, 2008; Tuheteru & Wu, 2017; Wilmowicz et al., 2022).



Gambar 2. Sebaran Keragaman genus Spora Fungi Mikoriza Arbuskula pada masing-masing tingkat kelerengan.

Sebaliknya *Acaulospora* sp. yang dominansi relatifnya meningkat pada lahan dengan kelerengan landai hingga agak curam, menunjukkan preferensi terhadap kondisi lingkungan yang memiliki presipitasi lebih tinggi (450,96 mm pada bulan dengan kondisi optimal di lokasi penelitian). Hal ini konsisten dengan karakteristik *Acaulospora* yang cenderung lebih toleran terhadap kondisi tanah dengan drainase buruk atau kelembapan tinggi (Johnson et al., 2021). Selain itu, genus ini dapat meningkatkan hubungan simbiotik dengan

tanaman pada tanah-tanah yang kayak bahan organik, yang biasanya terjadi pada tingkat kelerengan sedang akibat akumulasi material organik (Salvador et al., 2022; Wei et al., 2023).

Sementara itu, *Gigaspora* sp. lebih banyak ditemukan di lahan dengan kelerengan sangat curam. Keterkaitan ini mencerminkan kemampuan *gigaspora* untuk beradaptasi pada kondisi stres fisik, seperti erosi tanah yang tinggi dan drainase cepat, yang sering terjadi pada lahan curam hingga sangat curam (Tisserant et al., 2022). Adaptasi fisiologis

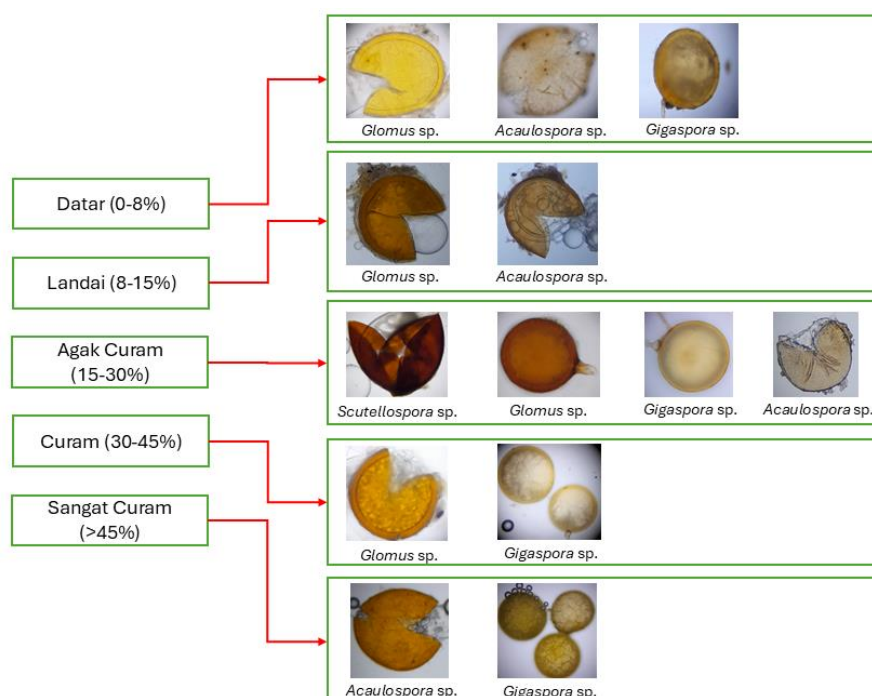
berupa spora besar dengan cadangan energi yang cukup memungkinkan genus ini bertahan pada kondisi lingkungan yang ekstrem. Genus *scutellospora* terdeteksi dalam jumlah kecil, khususnya pada lahan agak curam dan curam. Kehadiran terbatas ini dapat dijelaskan oleh sensitivitas genus in terhadap kondisi lingkungan yang berubah-ubah, seperti kecepatan angin yang tinggi (rata-rata 7,97-8,55 m/s di lokasi penelitian). Meskipun demikian, *Scutellospora* diketahui memiliki kemampuan simbiosis yang kuat pada tanaman di lingkungan dengan kandungan mineral tertentu yang tinggi, seperti fosfat (Manjarrez et al., 2010a; Redecker et al., 2013).

Secara keseluruhan, pola distribusi FMA ini menunjukkan bahwa komposisi genus pada setiap tingkat kelerengan sangat dipengaruhi oleh interaksi antara faktor lingkungan, seperti kelembapan, suhu, presipitasi dan kecepatan angin. Hasil ini juga mengindikasikan bahwa konservasi keanekaragaman FMA pada lahan dengan tingkat kelerengan berbeda membutuhkan pendekatan spesifikasi berdasarkan kondisi ekologi setempat. Penelitian lanjut diperlukan untuk mengidentifikasi faktor lain, seperti sifat kimia tanah, yang turut

memengaruhi keberadaan dan dominansi genus FMA di Lokasi penelitian.

### Identifikasi Morfologi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA)

Identifikasi morfologi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) dilakukan untuk melihat keragaman FMA pada masing-masing tingkat kelerengan. Identifikasi dilakukan hingga pada tingkatan genus yang bersumber pada morfologi yang telah dilaporkan oleh INVAM, (2024) (Gambar 3). Penelitian ini menunjukkan adanya perbedaan komposisi dan morfologi spora fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada tingkat kelerengan lahan yang berbeda. Spora yang berhasil diidentifikasi terdiri atas empat genus utama, yaitu *Glomus* sp., *Acaulospora* sp., *Gigaspora* sp., dan *Scutellospora* sp.. komposisi ini bervariasi pada setiap kelerengan. Secara umum, genus *Glomus* ditemukan hamper di semua kelerengan, menunjukkan adaptabilitasnya yang tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan. Sebaliknya genus *Scutellospora* sp hanya ditemukan pada kelerengan agak curam, yang kemungkinan terkait dengan kondisi tanah dan mikrohabitat spesifik yang mendukung keberadaannya.



Gambar 3. Morfologi Fungi Mikoriza Arbuskula yang ditemukan pada masing-masing tingkat kelerengan.

Tingkat kelerengan datar dan landai, ditemukan spora yang didominasi oleh *Glomus* sp., *Acaulospora* sp., dan *Gigaspora* sp., tetapi jumlahnya

relatif rendah. Hal ini dapat dijelaskan oleh akumulasi air yang lebih tinggi pada kelerengan datar, menciptakan kondisi tanah yang cenderung

anaerobik dan kurang mendukung proliferasi spora (Smith & Read, 2008; Verzeaux et al., 2017; Stevens et al., 2020). Sebaliknya pada kelerengan agak curam dan curam, ditemukan jumlah spora yang lebih beragam dan melimpah. Kondisi ini menunjukkan bahwa Tingkat aerasi dan drainase tanah yang optimal pada kelerengan ini mendukung reproduksi dan distribusi FMA. Genus *Scutellospora*, yang hanya ditemukan pada kelerengan agak curam, diduga membutuhkan kondisi yang spesifik seperti kadar nutrisi yang seimbang dan struktur tanah yang mendukung penyebaran hifa (Manjarrez et al., 2010b; Redecker et al., 2013).

Hasil menunjukkan bahwa kelerengan sangat curam, hanya ditemukan spora dari genus *Acanulospora* sp., dan *Gigaspora* sp. dengan jumlah yang sangat terbatas. Kondisi ini mungkin disebabkan oleh Tingkat erosi yang tertinggi dan rendahnya kandungan bahan organik akibat pencuci tanah. Faktor ini menjadi kendala utama bagi kolonisasi FMA yang membutuhkan lingkungan kaya bahan organik dan stabilitas tanah untuk mempertahankan viabilitas spora (Brundrett, 2017; Dietrich et al., 2020; Du et al., 2022).

Data iklim dari Lokasi penelitian memberikan konteks yang signifikan terhadap distribusi spora ini. Dengan kelembaban relative tinggi (79,44%-80,41%), suhu yang stabil (27,6 °C-27,7 °C), dan presipitasi yang signifikan terutama pada bulan Agustus (450,96 mm), kondisi ini mendukung kehidupan mikroorganisme tanah termasuk FMA. Namun, presipitasi yang tinggi selama beberapa bulan mungkin meningkatkan risiko pencucian nutrisi pada kelerengan yang lebih curam, yang memengaruhi ketersediaan sumber daya bagi fungi. Kecepatan angin (7,97-8,55 m/s) juga dapat memengaruhi kondisi mikrohabitat melalui pengeringan tanah, yang dapat mendukung aktivitas hifa di area dengan drainase baik seperti pada kelerengan agak curam dan curam (Jia et al., 2012; Davarzani et al., 2014).

Secara ekologi, FMA berperan penting dalam ekosistem melalui simbiosis mutualistik dengan tanaman inang, khususnya pada kondisi lahan marginal seperti lokasi konservasi nanas lokal. Genus *Glomus* yang dominan menunjukkan kemampuan adaptasi terhadap lingkungan yang lebih luas dibandingkan genus lainnya. Hal ini mendukung literatur yang menyatakan bahwa *Glomus* sering menjadi genus yang paling sering ditemukan dalam ekosistem tropis karena toleransinya terhadap variasi suhu, kelembaban, dan tekstur tanah (Stürmer & Kemmelmeier, 2021;

Masebo et al., 2023). Keberagaman dan distribusi spora pada berbagai tingkat kelerengan ini memberikan wawasan penting bagi pengelolaan ekosistem berbasis FMA. Optimalisasi kondisi mikrohabitat, seperti pengelolaan drainase dan pengurangan erosi tanah, akan meningkatkan efisiensi kolonisasi fungi pada tanaman inang. Penelitian ini memberikan dasar untuk pendekatan berbasis ekosistem dalam mendukung konservasi dan produktivitas lahan marginal.

## Kesimpulan

Kesimpulan penelitian ini menunjukkan bahwa tingkat kelerengan lahan secara signifikan memengaruhi kepadatan spora Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) di lahan konservasi tanaman nanas lokal di Kabupaten Majene. Kepadatan tertinggi ditemukan pada lahan dengan kelerengan agak curam dan curam, yang mengindikasikan kondisi drainase dan aerasi tanah yang optimal sehingga mendukung perkembangan FMA. Sebaliknya kepadatan spora menurun pada lahan datar dan sangat curam, yang masing-masing dipengaruhi oleh drainase buruk dan erosi intensif. Faktor iklim, seperti suhu yang stabil, kelembaban relatif tinggi, dan presipitasi yang bervariasi, turut memengaruhi distribusi FMA pada berbagai kelerengan. Temuan ini menegaskan pentingnya pengelolaan lahan berbasis ekologi untuk mendukung konservasi dan pemanfaatan FMA dalam sistem pertanian berkelanjutan.

## Ucapan Terima Kasih

Terima kasih Kepada Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia, atas dukungan dalam pelaksanaan penelitian ini melalui Program BIMA skema penelitian dosen pemula (PDP) Reguler tahun anggaran 2024.

## Daftar Pustaka

- Abarca, M., Parker, A. L., Larsen, E. A., Umbanhowar, J., Earl, C., Guralnick, R., Kingsolver, J., & Ries, L. (2024). How development and survival combine to determine the thermal sensitivity of insects. *PLoS ONE*, 19(1 January), 1–14. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0291393>
- Brundrett, M. (2004). Diversity and classification of mycorrhizal associations. *Biological Reviews of the Cambridge Philosophical Society*, 79(3), 473–495. <https://doi.org/10.1017/S1464793103006316>
- Brundrett, M. C. (2017). *Global Diversity and Importance of Mycorrhizal and Nonmycorrhizal Plants*. October, 533–



556. [https://doi.org/10.1007/978-3-319-56363-3\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-319-56363-3_21)
- Cai, J., Cheng, W., Liang, Z., Li, C., Deng, Y., Yin, T., & Li, C. (2023). Organic and Slow-Release Fertilizer Substitution Strategies Improved the Sustainability of Pineapple Production Systems in the Tropics. *Sustainability (Switzerland)*, *15*(13). <https://doi.org/10.3390/su151310353>
- Davarzani, H., Smits, K., Tolene, R. M., & Illangasekare, T. (2014). Study of the effect of wind speed on evaporation from soil through integrated modeling of the atmospheric boundary layer and shallow subsurface. *Water Resources Research*, *50*(1), 661–680. <https://doi.org/10.1002/2013WR013952>
- Deng, X., Lian, P., Zeng, M., Xu, D., & Qi, Y. (2021). Does farmland abandonment harm agricultural productivity in hilly and mountainous areas? evidence from China. *Journal of Land Use Science*, *16*(4), 433–449. <https://doi.org/10.1080/1747423X.2021.1954707>
- Dietrich, P., Roscher, C., Clark, A. T., Eisenhauer, N., Schmid, B., & Wagg, C. (2020). Diverse plant mixtures sustain a greater arbuscular mycorrhizal fungi spore viability than monocultures after 12 years. *Journal of Plant Ecology*, *13*(4), 478–488. <https://doi.org/10.1093/jpe/rtaa037>
- Du, S., Trivedi, P., Wei, Z., Feng, J., Hu, H.-W., Bi, L., Huang, Q., & Liu, Y.-R. (2022). The Proportion of Soil-Borne Fungal Pathogens Increases with Elevated Organic Carbon in Agricultural Soils. *MSystems*, *7*(2). <https://doi.org/10.1128/msystems.01337-21>
- Duvalaix, S., Lassalas, M., Latruffe, L., Konstantidelli, V., & Tzouramani, I. (2020). Adopting environmentally friendly farming practices and the role of quality labels and producer organisations: A qualitative analysis based on two european case studies. *Sustainability (Switzerland)*, *12*(24), 1–16. <https://doi.org/10.3390/su122410457>
- Faghihinia, M., Halverson, L. J., Hršelová, H., Bukovská, P., Rozmoš, M., Kotianová, M., & Jansa, J. (2023). Nutrient-dependent cross-kingdom interactions in the hyphosphere of an arbuscular mycorrhizal fungus. *Frontiers in Microbiology*, *14*(January), 1–19. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1284648>
- INVAM. (2024). *Species Descriptions*. The University of Kansas. <https://invam.ku.edu/species-descriptions>
- Jia, R. L., Li, X. R., Liu, L. C., Gao, Y. H., & Zhang, X. T. (2012). Differential wind tolerance of soil crust mosses explains their micro-distribution in nature. *Soil Biology and Biochemistry*, *45*, 31–39. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.09.021>
- Johnson, L. J. A. N., González-Chávez, M. del C. A., Carrillo-González, R., Porras-Alfaro, A., & Mueller, G. M. (2021). Vanilla aerial and terrestrial roots host rich communities of orchid mycorrhizal and ectomycorrhizal fungi. *Plants People Planet*, *3*(5), 541–552. <https://doi.org/10.1002/ppp3.10171>
- Kalamulla, R., Dayasena, Y. A. P. K., Stephenson, S. L., Tibpromma, S., Chen, X.-M., Yapa, N., & Karunaratna, S. C. (2024). Roles of mycorrhizal fungi in phytoremediation of contaminated ecosystems. *New Zealand Journal of Botany*, 1–18. <https://doi.org/10.1080/0028825X.2024.2326850>
- Lara-Capistran, L., Zulueta-Rodriguez, R., Murillo-Amador, B., Preciado-Rangel, P., Verdecia-Acosta, D. M., & Hernandez-Montiel, L. G. (2021). Biodiversity of am fungi in coffee cultivated on eroded soil. *Agronomy*, *11*(3). <https://doi.org/10.3390/agronomy11030567>
- Luo, C., Li, Z., Shi, Y., Gao, Y., Xu, Y., Zhang, Y., & Chu, H. (2024). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance drought resistance in (*Bombax ceiba*) by regulating SOD family genes. *PeerJ*, *12*, e17849. <https://doi.org/10.7717/peerj.17849>
- Manjarrez, M., Christophersen, H. M., Smith, S. E., & Smith, F. A. (2010a). Cortical colonisation is not an absolute requirement for phosphorus transfer to plants in arbuscular mycorrhizas formed by *Scutellospora calospora* in a tomato mutant: evidence from physiology and gene expression. *Functional Plant Biology*, *37*(12), 1132. <https://doi.org/10.1071/FP09248>
- Manjarrez, M., Christophersen, H. M., Smith, S. E., & Smith, F. A. (2010b). Cortical colonisation is not an absolute requirement for phosphorus transfer to plants in arbuscular mycorrhizas formed by *Scutellospora calospora* in a tomato mutant: evidence from physiology and gene expression. *Functional Plant Biology*, *37*(12), 1132. <https://doi.org/10.1071/FP09248>
- Masebo, N., Birhane, E., Takele, S., Belay, Z., Lucena, J. J., Pérez-Sanz, A., & Anjulo, A. (2023). Diversity of Arbuscular Mycorrhizal fungi under different agroforestry practices in the drylands of Southern Ethiopia. *BMC Plant Biology*, *23*(1), 634. <https://doi.org/10.1186/s12870-023-04645-6>
- Matos, S., Viardot, E., Sovacool, B. K., Geels, F. W., & Xiong, Y. (2022). Innovation and climate change: A review and introduction to the special issue. *Technovation*, *117*, 102612. <https://doi.org/10.1016/j.technovation.2022.102612>
- Meena, N. K., Gautam, R., & Tiwari, P. (2017). Nutrient losses in soil due to erosion. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 1009–1011.

- Mendonca, A. De. (2013). “ Agribusiness Essential for Food Security: Empowering Youth and Enhancing Quality Products ” Investigation of the effects of rainfall ( Climate Change ) on pineapple production in Essequibo Tri-Lakes Area. *West Indies Agricultural Economics Conference*, 1–10.
- Mukhlis, Noer, M., Nofialdi, & Mahdi. (2018). The Integrated Farming System of Crop and Livestock: A Review of Rice and Cattle Integration Farming. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research (IJSBAR) International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*, 42(3), 68–82.
- NASA POWER. (2024). *NASA POWER of Report Majene Regency*. NASA POWER. <https://power.larc.nasa.gov/data-access-viewer/>
- P. Udawatta, R., Rankoth, L., & Jose, S. (2019). Agroforestry and Biodiversity. *Sustainability*, 11(10), 2879. <https://doi.org/10.3390/su11102879>
- Redecker, D., Stockinger, H., S, A., L, S., M, J., & W, C. (2013). An evidence-based consensus for the classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Glomeromycota). *Mycorrhiza*, 23, 515–531. <https://doi.org/https://doi.org/10.1007/s00572-013-0486-y>
- Saikanth, D. R. K., Supriya, Singh, B. V., Rai, A. K., Bana, S. R., Sachan, D. S., & Singh, B. (2023). Advancing Sustainable Agriculture: A Comprehensive Review for Optimizing Food Production and Environmental Conservation. *International Journal of Plant & Soil Science*, 35(16), 417–425. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2023/v35i163169>
- Salvador, G. L. O., Araujo, F. F., Pereira, A. P. de A., Bonifacio, A., & Araujo, A. S. F. (2022). Rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungus presented distinct and specific effects on soybean growth when inoculated with organic compost. *Rhizosphere*, 22, 100513. <https://doi.org/10.1016/j.rhisph.2022.100513>
- Sanjaya, M. F., Arham, I., Irlan, I., Mahendra, Y., & Irwansyah, I. (2024). KARAKTERISASI INDIKATOR KESESUAIAN LAHAN KOMODITI NANAS LOKAL (Ananas comosus) KABUPATEN MAJENE. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 11(1), 223–232. <https://doi.org/10.21776/ub.jtsl.2024.011.1.24>
- Smith & Read. (2008). Mycorrhizal Symbiosis. In 2010 Academic Press (Ed.), *third edition* (3rd ed., Vol. 3).
- Stevens, B. M., Propster, J. R., Öpik, M., Wilson, G. W. T., Alloway, S. L., Mayemba, E., & Johnson, N. C. (2020). Arbuscular mycorrhizal fungi in roots and soil respond differently to biotic and abiotic factors in the Serengeti. *Mycorrhiza*, 30(1), 79–95. <https://doi.org/10.1007/s00572-020-00931-5>
- Stürmer, S. L., & Kimmelmeier, K. (2021). The Glomeromycota in the Neotropics. *Frontiers in Microbiology*, 11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2020.553679>
- Sui, X., Li, M., Frey, B., Dai, G., Yang, L., & Li, M. (2023). Effect of elevation on composition and diversity of fungi in the rhizosphere of a population of *Deyeuxia angustifolia* on Changbai. *April*, 1–10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1087475>
- Tisserant, A., Morales, M., Cavalett, O., O’Toole, A., Weldon, S., Rasse, D. P., & Cherubini, F. (2022). Life-cycle assessment to unravel co-benefits and trade-offs of large-scale biochar deployment in Norwegian agriculture. *Resources, Conservation and Recycling*, 179(November 2021), 106030. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2021.106030>
- Tsybulka, M. M., Zhukova, I. I., & Yukhnovets, A. V. (2022). В Беларуси установлено более 20 видов и форм деградации почвенно-земельных ресурсов и основной. 24(476), 84–93.
- Tuheteru, F. D., & Wu, Q.-S. (2017). Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Tolerance of Waterlogging Stress in Plants. In *Arbuscular Mycorrhizas and Stress Tolerance of Plants* (pp. 43–66). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-10-4115-0\\_3](https://doi.org/10.1007/978-981-10-4115-0_3)
- Tzimopoulos, C., Samarinas, N., Papadopoulos, K., & Evangelides, C. (2023). Fuzzy Unsteady-State Drainage Solution for Land Reclamation. *Hydrology*, 10(2). <https://doi.org/10.3390/hydrology10020034>
- Verzeaux, J., Nivellet, E., Roger, D., Hirel, B., Dubois, F., & Tetu, T. (2017). Spore Density of Arbuscular Mycorrhizal Fungi is Fostered by Six Years of a No-Till System and is Correlated with Environmental Parameters in a Silty Loam Soil. *Agronomy*, 7(2), 38. <https://doi.org/10.3390/agronomy7020038>
- Wang, L., George, T. S., & Feng, G. (2024). Concepts and consequences of the hyphosphere core microbiome for arbuscular mycorrhizal fungal fitness and function. *New Phytologist*, 242(4), 1529–1533. <https://doi.org/10.1111/nph.19396>
- Wang, Q., Liu, M., Wang, Z., Li, J., Liu, K., & Huang, D. (2024). The role of arbuscular mycorrhizal symbiosis in plant abiotic stress. *Frontiers in Microbiology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1323881>
- Wang, X. Q., Wang, Y. H., Song, Y. Bin, & Dong, M. (2022). Formation and functions of arbuscular mycorrhizae in coastal wetland ecosystems: A review. *Ecosystem Health and Sustainability*, 8(1). <https://doi.org/10.1080/20964129.2022.2144465>
- Wei, Z., Sixi, Z., Xiuqing, Y., Guodong, X., Baichun, W., & Baojing, G. (2023). Arbuscular mycorrhizal

- fungi alter rhizosphere bacterial community characteristics to improve Cr tolerance of *Acorus calamus*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 253, 114652.  
<https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.114652>
- Williams, P. A., Crespo, O., Atkinson, C. J., & Essegbey, G. O. (2017). Impact of climate variability on pineapple production in Ghana. *Agriculture and Food Security*, 6(1), 1–14.  
<https://doi.org/10.1186/s40066-017-0104-x>
- Wilmowicz, E., Kućko, A., Bogati, K., Wolska, M., Świdziński, M., Burkowska-But, A., & Walczak, M. (2022). *Glomus* sp. and *Bacillus* sp. strains mitigate the adverse effects of drought on maize (*Zea mays* L.). *Frontiers in Plant Science*, 13.  
<https://doi.org/10.3389/fpls.2022.958004>
- Zhang, S., Lehmann, A., Zheng, W., You, Z., & Rillig, M. C. (2019). Arbuscular mycorrhizal fungi increase grain yields: a meta-analysis. *New Phytologist*, 222(1), 543–555.  
<https://doi.org/10.1111/nph.15570>