

PENGARUH MIKROKLIMAT TERHADAP PERTUMBUHAN JAMUR TIRAM PUTIH (*PLEUROTUS OSTREATUS*) DI BAWAH TANAMAN KELAPA SAWIT UMUR 7 TAHUN

Subhaan Damanik¹, Serpi Srimuliati², Muhamad Fadillah³, Lintang Amanda Putri⁴,
Dian Kristi Astuti⁵

subhaandamanik432@gmail.com¹, serpisrimuliati6@gmail.com², mfadillah393@gmail.com³,
amandaelputri09@gmail.com⁴, diankristiastuti@gmail.com⁵

Institut Teknologi Sawit Indonesia

ABSTRAK

Jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) merupakan jamur konsumsi bernilai ekonomi tinggi yang pertumbuhannya sangat dipengaruhi oleh kondisi mikroklimat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh variasi mikroklimat terhadap produktivitas jamur tiram putih dan menentukan tingkat naungan yang paling sesuai untuk mendukung produksi jamur tiram putih di bawah tegakan kelapa sawit. Penelitian dilaksanakan pada bulan April hingga Mei 2026 di areal perkebunan kelapa sawit Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan, Sumatera Utara. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) non-faktorial dengan 4 perlakuan tingkat naungan (P1–P4) berdasarkan posisi rak di bawah kelapa sawit umur 7 tahun dan 4 ulangan, sehingga terdapat 16 unit percobaan. Pengamatan dilakukan setiap 3 hari selama 24 hari terhadap suhu udara, kelembapan relatif, waktu pertumbuhan miselium, serta tinggi dan lebar tubuh buah jamur. Data dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) taraf nyata 5% dan dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa variasi mikroklimat pada setiap tingkat naungan belum memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan jamur tiram putih. Meskipun demikian, kondisi suhu dan kelembapan yang lebih rendah serta lebih stabil cenderung mendukung pertumbuhan tubuh buah jamur. Ketidakteraturan pertumbuhan baglog dipengaruhi oleh kualitas bibit, komposisi media, teknik sterilisasi dan inokulasi, serta kondisi lingkungan yang tidak merata.

Kata Kunci: Kelembapan Udara, Suhu Lingkungan, Budidaya Jamur, Naungan Tanaman, Produktivitas Fungi

ABSTRACT

White oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) is a high-value edible fungus whose growth is significantly influenced by microclimatic conditions. This study aimed to analyze the effect of microclimate variations on the productivity of white oyster mushrooms and to determine the most suitable shading level to support their production under oil palm stands. The research was conducted from April to May 2026 at the oil palm plantation area of Institut Teknologi Sawit Indonesia, Medan, North Sumatra. A non-factorial Randomized Block Design (RBD) was used, consisting of four shading treatments (P1–P4) representing different rack positions under 7-year-old oil palm trees, with four replications each, resulting in 16 experimental units. Observations were conducted every three days over 24 days and included measurements of air temperature, relative humidity, mycelium growth time, and mushroom height and width. Data were analyzed using ANOVA at the 5% significance level, followed by *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Results showed that mushroom growth was not synchronous across baglogs, influenced by differences in spawn quality, substrate composition, sterilization technique, inoculation procedures, and microclimatic variability across rack positions. Successful cultivation was strongly dependent on a combination of supportive environmental conditions and good technical management.

Keywords: Humidity, Mushroom Cultivation, Shading System, Environmental Temperature, Fungal Productivity

PENDAHULUAN

Jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) merupakan salah satu jamur konsumsi yang banyak dibudidayakan karena memiliki nilai ekonomi tinggi, kandungan nutrisi yang baik, serta teknik budidaya yang relatif sederhana. Permintaan pasar terhadap jamur tiram terus meningkat sehingga budidayanya berkembang baik pada sistem konvensional maupun organik (Bernadi, 2022). Jamur tiram juga memiliki kandungan nutrisi dan antioksidan yang tinggi sehingga berpotensi dikembangkan sebagai pangan fungsional (Govindarajan, Selvam, Varatharaju, & ..., 2025).

Keberhasilan pertumbuhan jamur tiram sangat dipengaruhi oleh kondisi iklim mikro, terutama suhu dan kelembapan udara. Suhu dan kelembapan relatif berpengaruh langsung terhadap pembentukan tubuh buah serta menentukan tingkat produktivitas jamur selama masa budidaya (Rathore, 2018). Suhu yang terlalu tinggi dapat menghambat perkembangan miselium, sedangkan kelembapan yang rendah menyebabkan pembentukan primordia menjadi tidak optimal.

Kondisi lingkungan yang stabil menjadi faktor penting dalam mendukung pertumbuhan jamur konsumsi. Pengelolaan lingkungan budidaya yang baik mampu meningkatkan perkembangan miselium dan kualitas tubuh buah jamur (Klaus & Wan, 2022). Selain itu, mikrohabitat yang lembap dan teduh sangat memengaruhi kemampuan jamur untuk tumbuh dan berkembang secara optimal di lingkungan alami (El-Gharabawy, 2023).

Selain faktor lingkungan, media tanam juga berpengaruh terhadap pertumbuhan jamur tiram. Pemanfaatan limbah pertanian sebagai substrat alternatif dapat meningkatkan efisiensi budidaya sekaligus mendukung konsep pertanian berkelanjutan (Dong *et al.*, 2025). Pengembangan budidaya jamur berbasis limbah organik juga memiliki potensi ekonomi yang besar bagi masyarakat pedesaan karena memanfaatkan bahan yang mudah diperoleh dan bernilai ekonomis (Mafe *et al.*, 2025).

Lingkungan agroforestri memiliki potensi sebagai lokasi budidaya jamur karena menyediakan kondisi yang lebih teduh dan lembap dibandingkan lahan terbuka. Budidaya jamur di bawah tegakan pohon mampu menciptakan kondisi iklim mikro yang lebih stabil sehingga mendukung pertumbuhan jamur konsumsi (Kamaliah *et al.*, 2022). Sistem agroforestri juga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan lahan sekaligus menjaga keberlanjutan lingkungan (Wahyuningsih, 2026).

Salah satu tanaman yang berpotensi menciptakan kondisi iklim mikro tersebut adalah kelapa sawit. Tanaman kelapa sawit memiliki tajuk yang cukup rapat sehingga mampu menciptakan lingkungan yang lebih teduh dan lembap. Kondisi mikrohabitat yang terlindung dan memiliki kelembapan tinggi dapat mendukung perkembangan berbagai jenis jamur (Mateo-Guzmán, SÁNCHEZ, & ..., 2025). Selain itu, kondisi iklim lokal sangat menentukan keberhasilan budidaya jamur pada berbagai wilayah (Yang, Zhu, & Zheng, 2026).

Meskipun demikian, penelitian mengenai pengaruh iklim mikro terhadap pertumbuhan jamur tiram putih di bawah tegakan kelapa sawit masih relatif terbatas. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis pengaruh kondisi iklim mikro terhadap pertumbuhan jamur tiram putih di bawah tanaman kelapa sawit serta menentukan kondisi lingkungan yang paling mendukung pertumbuhan optimal jamur tiram putih.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan April sampai Mei 2026 di areal perkebunan kelapa sawit umur 7 tahun yang berada di lingkungan Institut Teknologi Sawit Indonesia,

Medan, Sumatera Utara. Penelitian menggunakan baglog jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) dengan media tanam berupa serbuk kayu, dedak, dan kapur. Pengamatan kondisi mikroklimat dilakukan menggunakan termohigrometer dan lux meter, sedangkan pengukuran pertumbuhan jamur dilakukan menggunakan timbangan digital dan alat ukur pendukung lainnya.

Penelitian menggunakan metode eksperimen dengan Rancangan Acak Kelompok (RAK) non-faktorial yang terdiri atas empat perlakuan tingkat naungan di bawah tanaman kelapa sawit umur 7 tahun, yaitu P1 = rak nomor 1 (paling luar), P2 = rak nomor 2, P3 = rak nomor 3, dan P4 = rak nomor 4 (paling dalam). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak empat kali sehingga diperoleh 16 unit percobaan. Setiap unit percobaan terdiri atas 16 baglog jamur tiram putih.

Pengamatan dilakukan setiap tiga hari sekali selama 24 hari terhadap parameter suhu udara (°C), kelembapan udara (%), intensitas cahaya (lux), waktu pertumbuhan miselium (hari), serta perkembangan tinggi dan lebar tubuh buah jamur tiram putih. Data hasil penelitian dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) pada taraf nyata 5%. Apabila hasil menunjukkan pengaruh nyata, maka dilanjutkan dengan uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Mikroklimat Selama Penelitian

Kondisi mikroklimat selama penelitian menunjukkan adanya variasi suhu dan kelembapan pada setiap perlakuan. Suhu udara tercatat berkisar antara 28,3°C hingga 35,8°C, sedangkan kelembapan relatif berada pada kisaran 53% hingga 74%. Kisaran suhu tersebut cenderung lebih tinggi dibandingkan suhu optimal pertumbuhan jamur tiram putih, sedangkan kelembapan pada beberapa waktu pengamatan masih berada di bawah kondisi ideal. Kondisi ini memengaruhi pertumbuhan dan keseragaman perkembangan tubuh buah jamur pada setiap unit percobaan.

Rathore, (2018) menjelaskan bahwa suhu dan kelembapan relatif merupakan faktor utama yang menentukan keberhasilan pembentukan tubuh buah jamur tiram. Suhu yang terlalu tinggi dapat menyebabkan pertumbuhan miselium menjadi lambat, sedangkan kelembapan rendah dapat menghambat pembentukan primordia. Selain itu, Klaus dan Wan, (2022) menyatakan bahwa kestabilan kondisi lingkungan budidaya sangat penting untuk mendukung pertumbuhan miselium dan perkembangan tubuh buah jamur konsumsi.

Perbedaan suhu dan kelembapan antar posisi rak (P1–P4) menunjukkan bahwa semakin ke dalam posisi rak, suhu cenderung lebih rendah dan kelembapan relatif menjadi lebih tinggi. Hal ini disebabkan oleh pengaruh tajuk kelapa sawit yang mampu memberikan efek naungan sehingga kondisi lingkungan menjadi lebih teduh dan lembap. Kamaliah *et al.*, (2022) menjelaskan bahwa sistem agroforestri dan budidaya di bawah tegakan pohon mampu menciptakan kondisi mikroklimat yang lebih stabil dan sesuai untuk pertumbuhan jamur konsumsi.

Mateo-Guzmán *et al.*, (2025) juga menjelaskan bahwa kondisi mikrohabitat yang terlindung dan memiliki kelembapan tinggi mendukung perkembangan berbagai jenis jamur di lingkungan alami. Dengan demikian, keberadaan naungan kelapa sawit pada penelitian ini berperan dalam menjaga kondisi lingkungan agar lebih sesuai bagi pertumbuhan jamur tiram putih.

Pertumbuhan Jamur Tiram Putih

Hasil pengamatan selama 24 hari menunjukkan bahwa pertumbuhan jamur tidak terjadi secara serentak pada semua baglog. Pertumbuhan awal tubuh buah mulai terdeteksi pada hari ke-6, terutama pada perlakuan P2 dan P3. Pada hari ke-18, pertumbuhan lebih

merata terjadi pada semua perlakuan, terutama P1 dan P4. Berikut disajikan data pertumbuhan pada setiap periode pengamatan.

Tabel 1. Rekapitulasi pengamatan pertumbuhan jamur tiram putih hari ke-6

Hari	Perlakuan	Unit	Tinggi (cm)	Lebar (cm)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
6	P1	U1	0	0	31,3	64
	P1	U2	0	0	31,3	64
	P1	U3	0	0	31,3	64
	P1	U4	0	0	31,3	64
	P2	U1	0	0	31,2	64
	P2	U2	0	0	31,2	64
	P2	U3	6,5	9,0	31,2	64
	P2	U4	0	0	31,2	64
	P3	U1	0	0	31,1	64
	P3	U2	3,2	3,0	31,1	64
	P3	U3	0	0	31,1	64
	P3	U4	10,0	13,5	31,1	64
	P4	U1	0	0	31,0	67
	P4	U2	0	0	31,0	67
	P4	U3	0	0	31,0	67
	P4	U4	0	0	31,0	67

Pada hari ke-6, hanya beberapa baglog pada perlakuan P2 dan P3 yang menunjukkan pertumbuhan tubuh buah. Hal ini diduga karena kondisi mikroklimat pada rak tersebut lebih mendukung fase awal pertumbuhan jamur. Suhu pada perlakuan tersebut berkisar 31,1–31,2°C dengan kelembapan 64%. Meskipun suhu masih tergolong cukup tinggi, beberapa baglog mampu membentuk tubuh buah lebih awal dibandingkan perlakuan lain.

Villafuerte *et al.*, (2025) menyatakan bahwa perbedaan kondisi mikroklimat dapat menyebabkan variasi kecepatan pertumbuhan dan pembentukan tubuh buah jamur tiram. Selain itu, El-Gharabawy (2023) menjelaskan bahwa kondisi mikrohabitat yang berbeda pada suatu lokasi dapat menyebabkan respon pertumbuhan jamur menjadi tidak seragam.



Gambar 1 Pertumbuhan jamur pada hari ke-6

Tabel 2. Rekapitulasi pengamatan pertumbuhan jamur tiram putih hari ke-18

Hari	Perlakuan	Unit	Tinggi (cm)	Lebar (cm)	Suhu (°C)	Kelembaban (%)
18	P1	U1	9,5	11,5	28,3	67
	P1	U2	10,3	12,5	28,3	67
	P1	U3	12,5	18,4	28,3	67
	P1	U4	0,9	1,9	28,3	67
	P2	U1	6,4	7,5	28,3	69
	P2	U2	9,0	10,6	28,3	69
	P2	U3	0	0	28,3	69
	P2	U4	0	0	28,3	69
	P3	U1	2,5	2,5	28,3	69
	P3	U2	0	0	28,3	69
	P3	U3	0,7	1,0	28,3	69
	P3	U4	0	0	28,3	69
	P4	U1	9,0	9,3	28,3	70
	P4	U2	9,0	11,0	28,3	70
	P4	U3	10,5	10,5	28,3	70
	P4	U4	10,0	12,0	28,3	70

Pada hari ke-18, pertumbuhan terbaik terlihat pada perlakuan P1 dan P4 dengan suhu 28,3°C dan kelembapan 67–70%. Penurunan suhu yang terjadi dibandingkan pengamatan sebelumnya memberikan pengaruh positif terhadap perkembangan tubuh buah jamur. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa suhu yang lebih rendah dengan kelembapan yang lebih tinggi mampu mendukung pertumbuhan jamur tiram secara lebih optimal.

Rathore, (2018) menjelaskan bahwa kondisi suhu yang mendekati kisaran optimal disertai kelembapan tinggi mampu meningkatkan pembentukan tubuh buah jamur tiram. Selain itu, Ogbu *et al.*, (2021) menyatakan bahwa lingkungan budidaya dengan suhu dan kelembapan yang lebih stabil dapat meningkatkan produktivitas jamur pada daerah tropis.



Gambar 2 Pertumbuhan jmaur pada hari ke-18

Hasil Analisis Sidik Ragam

Hasil analisis sidik ragam menunjukkan bahwa perlakuan tingkat naungan tidak memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi tubuh buah jamur tiram putih pada taraf nyata 5%. Hal ini ditunjukkan oleh nilai signifikansi yang lebih besar dari 0,05 sehingga variasi kondisi mikroklimat antar perlakuan belum mampu memberikan perbedaan pertumbuhan yang signifikan secara statistik.

Tabel 3. Hasil analisis sidik ragam tinggi tubuh buah jamur tiram putih

Sumber keragaman	db	KT	F Hitung	Sig
Perlakuan	3	2,195	0,208	0,889
Ulangan	3	7,399	0,700	0,575
Perlakuan X Ulangan	9	10,574	0,724	0,686

Keterangan: db = derajat bebas; KT = kuadrat tengah.

Meskipun tidak berbeda nyata secara statistik, perlakuan dengan kondisi suhu yang lebih rendah dan kelembapan yang lebih tinggi cenderung menunjukkan pertumbuhan tubuh buah yang lebih baik dibandingkan perlakuan lainnya.

Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT)

Hasil uji DMRT menunjukkan bahwa seluruh perlakuan berada pada kelompok yang sama sehingga tidak terdapat perbedaan nyata antar perlakuan terhadap tinggi tubuh buah jamur tiram putih.

Tabel 4. Rata-rata tinggi tubuh buah jamur tiram putih hasil uji DMRT taraf 5%

Perlakuan	Rata-rata Tinggi (cm)
P4	1,894 a
P1	1.897 a
P2	2.109 a
P3	2.450 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan berbeda tidak nyata berdasarkan uji DMRT taraf 5%.

Faktor yang Memengaruhi Ketidakteraturan Pertumbuhan

Pertumbuhan jamur tiram putih yang tidak seragam pada penelitian ini dipengaruhi oleh berbagai faktor biologis, teknis, dan lingkungan. Salah satu faktor utama adalah kualitas bibit (spawn). Bibit dengan viabilitas rendah atau pertumbuhan miselium yang

kurang aktif akan menghasilkan pertumbuhan tubuh buah yang lebih lambat dibandingkan bibit yang masih vigor.

Selain kualitas bibit, komposisi dan kepadatan media dalam baglog juga memengaruhi perkembangan miselium. Media yang terlalu padat atau memiliki kadar air yang tidak sesuai dapat menghambat penyebaran miselium dalam baglog. Dong *et al.*, (2025). menjelaskan bahwa kualitas substrat dan kandungan bahan organik pada media budidaya sangat menentukan keberhasilan pertumbuhan jamur konsumsi

Mafe *et al.*, (2025) juga menyatakan bahwa penggunaan limbah organik sebagai media budidaya memerlukan pengelolaan yang baik agar nutrisi media tetap mendukung pertumbuhan jamur secara optimal. Selain itu, perbedaan kecil dalam pencampuran bahan media dapat menyebabkan variasi kandungan nutrisi antarbaglog sehingga pertumbuhan menjadi tidak seragam.

Faktor teknis lain seperti proses sterilisasi yang kurang sempurna, inokulasi yang tidak steril, serta penanganan baglog yang kurang hati-hati juga dapat menyebabkan pertumbuhan jamur menjadi tidak merata. Klaus dan Wan, (2022) menjelaskan bahwa pengelolaan lingkungan dan teknik budidaya yang baik sangat diperlukan untuk mendukung pertumbuhan jamur secara optimal. Oleh karena itu, keberhasilan budidaya jamur tiram tidak hanya dipengaruhi oleh kondisi mikroklimat, tetapi juga ditentukan oleh kualitas bibit, media tanam, dan pengelolaan teknis selama proses budidaya.

KESIMPULAN

Budidaya jamur tiram putih (*Pleurotus ostreatus*) di bawah tegakan kelapa sawit (*Elaeis guineensis*) menunjukkan bahwa kondisi mikroklimat pada lokasi penelitian masih mampu mendukung pertumbuhan jamur. Pertumbuhan tubuh buah terbaik diperoleh pada perlakuan P1 dan P4 pada hari ke-18 dengan suhu 28,3°C dan kelembapan berkisar 67–70%. Meskipun demikian, hasil analisis menunjukkan bahwa perbedaan kondisi mikroklimat antar perlakuan belum memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan jamur tiram putih. Pertumbuhan baglog yang tidak seragam diduga dipengaruhi oleh beberapa faktor, seperti kualitas bibit, komposisi media tanam, proses sterilisasi dan inokulasi, serta perbedaan kondisi lingkungan pada setiap posisi rak. Oleh karena itu, keberhasilan budidaya jamur tiram putih dipengaruhi tidak hanya oleh kondisi lingkungan, tetapi juga oleh pengelolaan teknis selama proses budidaya berlangsung.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa area di bawah tanaman kelapa sawit memiliki potensi untuk dimanfaatkan sebagai lokasi budidaya jamur tiram putih melalui sistem pertanian sela (*intercropping system*) yang mendukung efisiensi ekonomi dan pemanfaatan lahan. Namun, untuk memperoleh kondisi tumbuh yang lebih optimal, diperlukan pengelolaan mikroklimat tambahan, seperti penggunaan kumbung sederhana maupun sistem pengabutan guna menjaga suhu dan kelembapan tetap stabil. Selain itu, pengembangan budidaya jamur di bawah tegakan kelapa sawit berpotensi menjadi alternatif diversifikasi usaha yang dapat meningkatkan pendapatan petani serta memaksimalkan penggunaan lahan perkebunan.

DAFTAR PUSTAKA

- Bernadi, L. (2022). *Pleurotus ostreatus: a focus on producer and consumer in conventional and organic farming. Thesis.Unipd.It.*
- Dong, H. R., Jiang, N., Zhang, D., Li, Y., Zhou, F., Li, Z. P., Li, Q. Z., & ... (2025). Research Progress and Prospect of Substrate Alternatives for Edible Fungi Based on the “Cycle Production of Plants, Animals, and Fungi.” *Journal of Fungi*. mdpi.com.
- El-Gharabawy, H. M. (2023). Ecology of Wind Mushrooms. *Ecology of Macrofungi*. CRC Press. researchgate.net.

- Govindarajan, A., Selvam, G., Varatharaju, A., & ... (2025). *Nutritional Contents and Antioxidant Properties of Pleurotus florida (Fr.) Kumm. and Hypsizygus ulmarius (Bull. ex Fr.) Redhead.* fungiindia.co.in.
- Kamaliah, N., Salim, S., Abdullah, S., Nobilly, F., Mat, S., & ... (2022). Evaluating the experimental cultivation of edible mushroom, *Volvariella volvacea* underneath tree canopy in tropical agroforestry systems. *Agroforestry* <https://doi.org/10.1007/s10457-021-00685-9>
- Klaus, A., & Wan, WAAQI. (2022). Cultivation strategies of edible and medicinal mushrooms. *Wild Mushrooms*. <https://doi.org/10.1201/9781003152583-3>
- Mafe, A. N., Otieno, C. A., Edo, G. I., Akpoghelie, P. O., Yousif, E., & ... (2025). Domestication and market potential of indigenous mushrooms in Nigeria and Kenya through cultivation techniques, nutritional enhancement, and consumer *Discover Food*. <https://doi.org/10.1007/s44187-025-00452-0>
- Mateo-Guzmán, N., SÁNCHEZ, M. E. Á., & ... (2025). Microhabitat of Totolcozcatl mushroom [*Entoloma abortivum* (Berk. & Curtis) Donk, Basidiomycotina] for restoration in the cloud forest. *Agro*
- Ogbu, B. U., Okonkwo, W. I., & Ugwu, S. N. (2021). Development of a modified environment for oyster mushroom (*Pleurotus ostreatus*) production system for rural use in Southeast Nigeria. *Nigerian Journal of Technology*. ajol.info.
- Rathore, V. R. S. (2018). ... Temperature And Relative Humidity On Fruiting Body Production Of *Pleurotus Florida* (Oyster Mushrooms) In The Cropping *Ijrrr.Com*.
- Villafuerte, A. R., Maaño, R. C., Castro, PJLD, & ... (2025). Precision Microclimate Control Using IoT for Enhanced Production of *Pleurotus ostreatus*. ... *Series: Earth and* <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1572/1/012016>
- Wahyuningsih, S. (2026). Harnessing Biodiversity Through Agroforestry. *Harnessing Biodiversity for a Sustainable*
- Yang, D., Zhu, L., & Zheng, Q. (2026). Regional Cultivation Forms of *Herichium erinaceus* Across China's Climatic Zones: A Scoping Review and Analytical Lens for Climate-Adaptive Production. *Journal of Fungi*. mdpi.com.