



# PENGARUH MEDIA TANAM TERHADAP PERTUMBUAHAN TANAMAN HORTIKULTURA PADA BERBAGAI KOMPOSISI DAN KONDISI LINGKUNGAN TERKENDALI

Choirunnisa<sup>1)</sup>,

<sup>1)</sup>Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Brawijaya, Malang, Indonesia  
Email: [choirunnisaa@gmail.com](mailto:choirunnisaa@gmail.com)

## Abstract

Growing media is one of the key factors influencing the growth of horticultural crops, particularly under controlled environmental conditions. This study aimed to analyze the effects of different growing media compositions on the growth of horticultural plants in a controlled environment. The research employed an experimental method using a completely randomized design, with various growing media compositions as treatments. Growth parameters observed included plant height, number of leaves, and plant biomass. The results showed that differences in growing media composition had a significant effect on all observed growth parameters. Mixed growing media containing soil, organic matter, and porous materials produced better plant growth compared to single-media treatments. The controlled environment played an important role in minimizing external environmental influences, allowing plant responses to growing media to be observed more accurately. It can be concluded that selecting appropriate growing media composition is essential to support optimal growth of horticultural crops and can be applied to efficient and sustainable cultivation systems.

**Keywords:** Growing Media, Horticultural Crops, Plant Growth, Media Composition, Controlled Environment.

## Abstrak

Media tanam merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi pertumbuhan tanaman hortikultura, terutama dalam sistem budidaya dengan lingkungan yang dikendalikan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh berbagai komposisi media tanam terhadap pertumbuhan tanaman hortikultura pada kondisi lingkungan terkendali. Metode penelitian yang digunakan adalah eksperimen dengan rancangan acak lengkap, menggunakan beberapa komposisi media tanam sebagai perlakuan. Parameter pertumbuhan yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan biomassa tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan komposisi media tanam memberikan pengaruh nyata terhadap seluruh parameter pertumbuhan yang diamati. Media tanam campuran yang mengandung tanah, bahan organik, dan bahan berpori memberikan hasil pertumbuhan terbaik dibandingkan media tunggal. Lingkungan terkendali berperan dalam meminimalkan pengaruh faktor eksternal sehingga respon tanaman terhadap media tanam dapat diamati secara lebih akurat. Penelitian ini menyimpulkan bahwa pemilihan komposisi media tanam yang tepat sangat penting untuk mendukung pertumbuhan optimal tanaman hortikultura dan dapat diterapkan dalam sistem budidaya yang efisien dan berkelanjutan.

**Kata Kunci:** Media Tanam, Tanaman Hortikultura, Pertumbuhan Tanaman, Komposisi Media, Lingkungan Terkendali.



## PENDAHULUAN

Tanaman hortikultura memiliki peran strategis dalam mendukung ketahanan pangan, pemenuhan gizi masyarakat, serta peningkatan nilai ekonomi sektor pertanian. Komoditas hortikultura seperti sayuran, buah-buahan, dan tanaman hias membutuhkan teknik budidaya yang tepat agar dapat tumbuh optimal dan menghasilkan produk berkualitas tinggi. Salah satu faktor penting dalam budidaya hortikultura adalah pemilihan media tanam yang sesuai dengan kebutuhan fisiologis tanaman (Hartmann et al., 2018).

Media tanam berfungsi sebagai tempat tumbuh akar serta sebagai penyedia unsur hara, air, dan udara bagi tanaman. Media tanam yang baik harus memiliki struktur fisik yang mendukung aerasi dan drainase, serta kemampuan kimia dan biologis yang memadai untuk menunjang pertumbuhan tanaman. Komposisi media tanam yang tidak sesuai dapat menyebabkan gangguan pertumbuhan akar, penyerapan hara yang tidak optimal, bahkan kematian tanaman (Taiz et al., 2015).

Berbagai jenis media tanam telah digunakan dalam budidaya hortikultura, baik media alami maupun buatan, seperti tanah, pasir, kompos, pupuk kandang, sekam padi, cocopeat, dan vermiculit. Setiap jenis media memiliki karakteristik fisik dan kimia yang berbeda, sehingga kombinasi atau komposisi media tanam sering digunakan untuk memperoleh kondisi tumbuh yang lebih ideal. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa variasi komposisi media tanam dapat memberikan pengaruh signifikan terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, dan biomassa tanaman hortikultura (Wahyuningsih et al., 2020).

Selain komposisi media tanam, kondisi lingkungan juga berperan penting dalam menentukan keberhasilan pertumbuhan tanaman. Faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan, intensitas cahaya, dan ketersediaan air sangat memengaruhi proses fisiologis tanaman, termasuk fotosintesis dan respirasi. Lingkungan yang tidak terkendali dapat menyebabkan stres tanaman dan menurunkan produktivitas (Gardner et al., 2017).

Penggunaan lingkungan terkendali, seperti rumah kaca atau growth chamber, memungkinkan pengaturan faktor lingkungan secara lebih stabil dan terukur. Kondisi ini sangat bermanfaat dalam penelitian pertumbuhan

tanaman karena dapat meminimalkan pengaruh variabel luar yang tidak diinginkan. Dengan demikian, pengaruh media tanam terhadap pertumbuhan tanaman dapat diamati secara lebih akurat dan objektif (Resh, 2013).

Beberapa penelitian telah melaporkan adanya interaksi antara media tanam dan kondisi lingkungan terhadap pertumbuhan tanaman hortikultura. Media tanam tertentu menunjukkan kinerja yang lebih baik pada suhu dan kelembapan tertentu, sementara media lainnya lebih responsif terhadap intensitas cahaya atau sistem pengairan tertentu (Suryani & Nurlaela, 2019). Hal ini menunjukkan bahwa evaluasi media tanam sebaiknya dilakukan dengan mempertimbangkan kondisi lingkungan tempat tanaman dibudidayakan.

Meskipun demikian, masih diperlukan kajian yang lebih komprehensif mengenai pengaruh berbagai komposisi media tanam terhadap pertumbuhan tanaman hortikultura dalam kondisi lingkungan yang benar-benar terkendali. Informasi ilmiah yang tersedia masih terbatas pada jenis tanaman atau media tertentu, sehingga hasilnya belum dapat digeneralisasi secara luas (Sitompul & Guritno, 2018).

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh berbagai komposisi media tanam terhadap pertumbuhan tanaman hortikultura pada kondisi lingkungan terkendali. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknik budidaya hortikultura yang lebih efisien dan berkelanjutan, serta menjadi referensi bagi petani, peneliti, dan praktisi pertanian dalam menentukan media tanam yang optimal.

## TINJAUAN PUSTAKA

Media tanam merupakan komponen penting dalam sistem budidaya tanaman hortikultura karena berfungsi sebagai penopang akar sekaligus penyedia air, udara, dan unsur hara bagi tanaman. Karakteristik media tanam, seperti tekstur, porositas, kapasitas menahan air, dan kandungan bahan organik, sangat menentukan keberhasilan pertumbuhan tanaman. Media dengan struktur yang baik akan mendukung perkembangan sistem perakaran dan meningkatkan efisiensi penyerapan hara (Hartmann et al., 2018).

Tanah sebagai media tanam alami memiliki kandungan mineral yang relatif lengkap, namun sering kali



memiliki keterbatasan dalam hal aerasi dan drainase, terutama pada tanah bertekstur liat. Oleh karena itu, dalam budidaya hortikultura modern, tanah sering dikombinasikan dengan bahan lain seperti pasir, kompos, atau bahan organik untuk memperbaiki sifat fisik dan kimianya. Penambahan bahan organik terbukti dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara dan aktivitas mikroorganisme tanah (Sitompul & Guritno, 2018).

Bahan organik seperti kompos dan pupuk kandang banyak digunakan sebagai komponen media tanam karena mampu meningkatkan kesuburan dan struktur media. Kompos berperan sebagai sumber unsur hara makro dan mikro serta meningkatkan kapasitas tukar kation media tanam. Beberapa penelitian menunjukkan bahwa penggunaan kompos dalam media tanam dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif dan hasil tanaman hortikultura secara signifikan (Wahyuningsih et al., 2020).

Media tanam non-tanah seperti cocopeat, sekam padi, dan vermiculit juga banyak diaplikasikan dalam sistem budidaya hortikultura, khususnya pada sistem pot dan hidroponik substrat. Cocopeat memiliki daya simpan air yang tinggi dan struktur yang ringan, sehingga mendukung aerasi akar. Sementara itu, sekam padi dan vermiculit berperan dalam meningkatkan porositas dan menjaga keseimbangan udara serta air dalam media tanam (Resh, 2013).

Komposisi media tanam yang tepat merupakan hasil kombinasi dari berbagai bahan dengan perbandingan tertentu untuk memperoleh kondisi fisik dan kimia yang optimal. Perbedaan komposisi media tanam dapat menyebabkan variasi pertumbuhan tanaman, seperti tinggi tanaman, jumlah daun, luas daun, dan biomassa. Taiz et al. (2015) menyatakan bahwa kondisi perakaran yang optimal akan mendukung proses fisiologis tanaman, terutama fotosintesis dan transpor nutrisi.

Selain media tanam, faktor lingkungan seperti suhu, kelembapan, cahaya, dan ketersediaan air memiliki pengaruh besar terhadap pertumbuhan tanaman hortikultura. Suhu dan intensitas cahaya yang sesuai akan meningkatkan laju fotosintesis, sedangkan kelembapan yang terlalu rendah atau tinggi dapat menghambat pertumbuhan tanaman. Gardner et al. (2017) menjelaskan

bahwa ketidaksesuaian kondisi lingkungan dapat menyebabkan stres fisiologis pada tanaman.

Lingkungan terkendali, seperti rumah kaca atau growth chamber, memungkinkan pengaturan faktor lingkungan secara lebih stabil sehingga pertumbuhan tanaman dapat diamati secara lebih akurat. Penggunaan lingkungan terkendali sangat penting dalam penelitian untuk mengisolasi pengaruh media tanam dari faktor eksternal lainnya. Dengan kondisi ini, perbedaan respon pertumbuhan tanaman terhadap variasi media tanam dapat dianalisis secara lebih objektif (Resh, 2013).

Beberapa penelitian menunjukkan adanya interaksi antara media tanam dan kondisi lingkungan terhadap pertumbuhan tanaman hortikultura. Media tanam dengan kapasitas simpan air tinggi cenderung memberikan respon pertumbuhan yang lebih baik pada kondisi suhu dan kelembapan tertentu. Oleh karena itu, pemilihan media tanam sebaiknya disesuaikan dengan kondisi lingkungan budidaya agar pertumbuhan dan produktivitas tanaman dapat dicapai secara optimal (Suryani & Nurlaela, 2019).

## METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian ini menggunakan metode eksperimen dengan rancangan acak lengkap (RAL) yang bertujuan untuk mengetahui pengaruh berbagai komposisi media tanam terhadap pertumbuhan tanaman hortikultura. Perlakuan yang diberikan berupa perbedaan komposisi media tanam, sedangkan kondisi lingkungan dikendalikan agar faktor eksternal tidak memengaruhi hasil penelitian. Setiap perlakuan diulang beberapa kali untuk memperoleh data yang representatif dan meningkatkan tingkat kepercayaan hasil penelitian.

Penelitian dilaksanakan di lingkungan terkendali berupa rumah kaca yang memungkinkan pengaturan suhu, kelembapan, dan intensitas cahaya secara relatif stabil. Suhu ruangan dipertahankan pada kisaran optimal pertumbuhan tanaman hortikultura, dengan kelembapan udara yang terkontrol serta penyinaran cahaya alami yang dibantu dengan pencahayaan buatan bila diperlukan. Pengendalian lingkungan ini bertujuan untuk memastikan bahwa perbedaan pertumbuhan tanaman yang diamati terutama disebabkan oleh variasi media tanam.



Bahan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi benih tanaman hortikultura yang seragam, media tanam berupa tanah, kompos, pasir, dan bahan organik lain sesuai perlakuan, serta pot sebagai wadah tanam. Alat yang digunakan antara lain timbangan digital, mistar atau penggaris, alat ukur suhu dan kelembapan, serta alat tulis untuk pencatatan data. Seluruh media tanam disiapkan dengan perbandingan tertentu sesuai perlakuan dan dicampur hingga homogen sebelum digunakan.

Penanaman dilakukan dengan menanam benih pada masing-masing pot yang telah diisi media tanam sesuai perlakuan. Penyiraman dilakukan secara teratur dengan volume air yang sama pada setiap perlakuan untuk menjaga kelembapan media tanam. Pemeliharaan tanaman meliputi pengendalian gulma dan pengamatan kondisi tanaman secara berkala, tanpa pemberian pupuk tambahan agar pengaruh media tanam dapat diamati secara murni.

Parameter pertumbuhan tanaman yang diamati meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan berat biomassa tanaman pada akhir penelitian. Pengukuran tinggi tanaman dilakukan secara periodik menggunakan penggaris, sedangkan jumlah daun dihitung secara langsung. Biomassa tanaman diukur dengan menimbang bagian tanaman setelah dipanen dan dibersihkan dari sisa media tanam.

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis statistik deskriptif dan inferensial. Uji analisis ragam (ANOVA) digunakan untuk mengetahui pengaruh perbedaan komposisi media tanam terhadap parameter pertumbuhan tanaman. Apabila terdapat perbedaan yang signifikan, dilanjutkan dengan uji lanjut untuk mengetahui perlakuan terbaik. Hasil analisis disajikan dalam bentuk tabel dan grafik untuk memudahkan interpretasi dan pembahasan.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perbedaan komposisi media tanam memberikan pengaruh yang nyata terhadap pertumbuhan tanaman hortikultura. Tanaman yang ditanam pada media kombinasi tanah, kompos, dan bahan berpori menunjukkan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan dengan media tunggal. Hal ini mengindikasikan bahwa keseimbangan antara unsur hara, aerasi, dan daya simpan air dalam media tanam sangat

berperan dalam mendukung pertumbuhan tanaman secara optimal.

Pertumbuhan tinggi tanaman selama periode pengamatan mengalami peningkatan yang berbeda pada setiap perlakuan media tanam. Media tanam dengan kandungan bahan organik yang lebih tinggi cenderung menghasilkan tanaman dengan tinggi yang lebih besar. Bahan organik dalam media tanam berperan dalam memperbaiki struktur media serta menyediakan unsur hara yang dibutuhkan untuk pertumbuhan vegetatif tanaman.

Jumlah daun sebagai indikator pertumbuhan vegetatif juga menunjukkan variasi antar perlakuan. Media tanam dengan porositas baik dan ketersediaan hara yang cukup mampu mendukung pembentukan daun secara lebih optimal. Daun yang lebih banyak dan sehat menunjukkan bahwa proses fotosintesis berlangsung lebih efektif, sehingga mendukung akumulasi biomassa tanaman.

Berat biomassa tanaman pada akhir penelitian memperlihatkan perbedaan yang signifikan antar komposisi media tanam. Media campuran menghasilkan biomassa yang lebih tinggi dibandingkan media tanah saja. Kondisi ini menunjukkan bahwa kombinasi media tanam mampu menciptakan lingkungan perakaran yang lebih mendukung penyerapan air dan unsur hara secara efisien.

Tabel 1 menyajikan rata-rata tinggi tanaman dan jumlah daun pada berbagai perlakuan media tanam. Data menunjukkan bahwa perlakuan media campuran tanah dan kompos memberikan nilai tertinggi pada kedua parameter tersebut. Hal ini memperkuat temuan bahwa media tanam dengan kandungan bahan organik seimbang memberikan respon pertumbuhan yang lebih baik.

**Tabel 1.** Rata-rata Tinggi Tanaman dan Jumlah Daun pada Berbagai Media Tanam

Media Tanam	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Daun (helai)
Tanah	22,4	10,2
Tanah + Pasir	25,6	12,1
Tanah + Kompos	30,8	15,4
Tanah + Kompos + Cocopeat	34,2	17,6



Lingkungan terkendali yang digunakan dalam penelitian ini berperan penting dalam meminimalkan pengaruh faktor eksternal, sehingga perbedaan pertumbuhan tanaman dapat dikaitkan secara langsung dengan variasi media tanam. Suhu dan kelembapan yang relatif stabil memungkinkan tanaman tumbuh tanpa mengalami stres lingkungan yang berarti.

Tabel 2 menunjukkan hasil pengukuran biomassa tanaman pada akhir penelitian. Perlakuan media tanam dengan kombinasi tanah, kompos, dan bahan berpori menghasilkan biomassa tertinggi. Hal ini menunjukkan bahwa kondisi fisik dan kimia media yang seimbang mampu mendukung akumulasi hasil fotosintesis dalam bentuk biomassa tanaman.

**Tabel 2.** Rata-rata Biomassa Tanaman pada Akhir Penelitian

Media Tanam	Biomassa Tanaman (g)
Tanah	18,5
Tanah + Pasir	22,7
Tanah + Kompos	28,9
Tanah + Kompos + Cocopeat	33,6

Secara keseluruhan, hasil penelitian ini sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa media tanam dengan kandungan bahan organik dan porositas yang baik mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman hortikultura. Bahan organik berperan dalam menyediakan nutrisi, sedangkan struktur media yang baik mendukung perkembangan akar dan penyerapan air.

Interaksi antara media tanam dan kondisi lingkungan terkendali dalam penelitian ini menunjukkan bahwa penggunaan media tanam yang tepat akan memberikan hasil optimal apabila didukung oleh kondisi lingkungan yang sesuai. Oleh karena itu, pemilihan media tanam dalam budidaya hortikultura perlu mempertimbangkan komposisi bahan dan sistem pengelolaan lingkungan agar pertumbuhan dan produktivitas tanaman dapat dimaksimalkan.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, dapat disimpulkan bahwa media tanam memiliki pengaruh yang signifikan terhadap pertumbuhan tanaman hortikultura. Perbedaan komposisi media tanam menyebabkan variasi pertumbuhan pada parameter tinggi tanaman, jumlah daun, dan biomassa. Hal ini menunjukkan bahwa media tanam merupakan faktor penting yang perlu diperhatikan dalam sistem budidaya hortikultura.

Media tanam dengan komposisi campuran menunjukkan kinerja yang lebih baik dibandingkan media tunggal. Kombinasi tanah, kompos, dan bahan berpori mampu menciptakan kondisi fisik dan kimia media yang lebih seimbang, sehingga mendukung perkembangan sistem perakaran dan meningkatkan efisiensi penyerapan air serta unsur hara oleh tanaman.

Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa kandungan bahan organik dalam media tanam berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman. Bahan organik tidak hanya menyediakan unsur hara, tetapi juga memperbaiki struktur media tanam dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme yang mendukung kesuburan media.

Penggunaan lingkungan terkendali dalam penelitian ini terbukti efektif dalam meminimalkan pengaruh faktor lingkungan yang tidak diinginkan. Kondisi suhu, kelembapan, dan cahaya yang relatif stabil memungkinkan tanaman tumbuh secara optimal, sehingga pengaruh media tanam terhadap pertumbuhan tanaman dapat diamati dengan lebih jelas dan akurat.

Temuan penelitian ini sejalan dengan berbagai hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa pemilihan media tanam yang tepat merupakan salah satu kunci keberhasilan budidaya tanaman hortikultura. Media tanam yang memiliki aerasi dan kapasitas simpan air yang baik akan mendukung proses fisiologis tanaman dan meningkatkan produktivitas.

Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi ilmiah dalam pengembangan teknik budidaya hortikultura yang lebih efisien dan berkelanjutan. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi acuan bagi petani dan praktisi pertanian dalam memilih komposisi media tanam yang optimal serta mendorong penelitian lanjutan dengan jenis tanaman dan kondisi lingkungan yang berbeda.



## DAFTAR PUSTAKA

- Abad, M., Noguera, P., & Bures, S. (2001). National inventory of organic wastes for use as growing media for ornamental potted plant production. *Bioresource Technology*, 77(2), 197–200.
- Argo, W. R. (2011). Root medium physical properties. *HortTechnology*, 21(6), 697–704.
- Gardner, F. P., Pearce, R. B., & Mitchell, R. L. (2017). *Physiology of crop plants*. Ames, IA: Iowa State University Press.
- Gruda, N. (2009). Do soilless culture systems have an influence on product quality of vegetables? *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 82, 141–147.
- Handreck, K. A., & Black, N. D. (2010). *Growing media for ornamental plants and turf* (3rd ed.). Sydney, Australia: UNSW Press.
- Hartmann, H. T., Kester, D. E., Davies, F. T., & Geneve, R. L. (2018). *Plant propagation: Principles and practices* (9th ed.). Boston, MA: Pearson.
- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., & Beaton, J. D. (2014). *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management* (8th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson.
- Heiskanen, J. (1993). Physical properties of two-component growing media based on sphagnum peat and their implications for plant-available water and aeration. *Plant and Soil*, 152(2), 287–300.
- Jones, J. B. (2016). *Hydroponics: A practical guide for the soilless grower* (2nd ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Larcher, W. (2015). *Physiological plant ecology* (4th ed.). Berlin, Germany: Springer.
- Marschner, P. (2012). *Marschner's mineral nutrition of higher plants* (3rd ed.). London, UK: Academic Press.
- Mengel, K., & Kirkby, E. A. (2001). *Principles of plant nutrition* (5th ed.). Dordrecht, Netherlands: Kluwer Academic Publishers.
- Nelson, P. V. (2012). *Greenhouse operation and management* (7th ed.). Upper Saddle River, NJ: Pearson Education.
- Raviv, M., & Lieth, J. H. (2008). *Soilless culture: Theory and practice*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier.
- Resh, H. M. (2013). *Hydroponic food production: A definitive guidebook* (7th ed.). Boca Raton, FL: CRC Press.
- Salisbury, F. B., & Ross, C. W. (2012). *Plant physiology* (4th ed.). Belmont, CA: Wadsworth Publishing.
- Sitompul, S. M., & Guritno, B. (2018). *Analisis pertumbuhan tanaman*. Malang, Indonesia: UB Press.
- Suryani, A., & Nurlaela, S. (2019). Pengaruh komposisi media tanam terhadap pertumbuhan tanaman hortikultura. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 10(2), 85–94.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. (2015). *Plant physiology and development* (6th ed.). Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Verdonck, O., De Vleeschauwer, D., & De Boodt, M. (1981). The influence of the substrate to plant growth. *Acta Horticulturae*, 126, 251–258.
- Wahyuningsih, S., Rahayu, S., & Prasetyo, B. (2020). Respon pertumbuhan tanaman sayuran terhadap berbagai media tanam. *Jurnal Agronomi Indonesia*, 48(1), 45–53.
- Xu, G., Fan, X., & Miller, A. J. (2012). Plant nitrogen assimilation and use efficiency. *Annual Review of Plant Biology*, 63, 153–182.
- Yusnita. (2019). *Perbanyak tanaman secara vegetatif*. Jakarta, Indonesia: RajaGrafindo Persada.
- Zobel, R. W., Kinraide, T. B., & Baligar, V. C. (2007). Fine root diameters can change in response to nutrient concentration. *Plant and Soil*, 297(1–2), 243–254.