

RESSALVA

Atendendo solicitação da autora, o texto completo deste documento será disponibilizado somente a partir de 30/07/2027.



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL
(INTERUNIDADES)

INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA
POLINIZAÇÃO: EFEITO DA INTERAÇÃO COM FUNGOS
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES SOBRE CARACTERES
FLORAIS EM CONDIÇÕES DE SECA

JULIA MURIANO PELISSARI

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal Interunidades entre o Instituto de Biociências do Câmpus de Botucatu e Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro.

**PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL
(INTERUNIDADES)**

**INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA
POLINIZAÇÃO: EFEITO DA INTERAÇÃO COM FUNGOS
MICORRÍZICOS ARBUSCULARES SOBRE CARACTERES
FLORAIS EM CONDIÇÕES DE SECA**

JULIA MURIANO PELISSARI

ORIENTADORA: PROF^a. DR^a. ELZA GUIMARÃES

COORIENTADORA: DR^a. PRISCILA TUNES

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP, para obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Interunidades entre o Instituto de Biociências do Câmpus de Botucatu e Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro.

P384i

Pelissari, Julia Muriano

Influência das mudanças climáticas na polinização : Efeito da interação com fungos micorrízicos arbusculares sobre caracteres florais em condições de seca / Julia Muriano Pelissari. -- Botucatu, 2025

66 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Botucatu

Orientadora: Elza Guimarães

Coorientadora: Priscila Tunes

1. Biologia. 2. Botânica. 3. Ecologia. I. Título.

JULIA MURIANO PELISSARI

INFLUÊNCIA DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS NA POLINIZAÇÃO:

Efeito da interação com fungos micorrízicos arbusculares sobre caracteres
florais em condições de seca

Dissertação apresentada ao Instituto de Biociências, Câmpus de Botucatu, UNESP, para
obtenção do título de Mestre no Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal,
Interunidades entre o Instituto de Biociências do Câmpus de Botucatu e Instituto de
Biociências do Câmpus de Rio Claro.

Área de concentração: Biologia Vegetal

Data da defesa: 30/07/2025

Banca examinadora:

Prof^a. Dr^a. Elza Maria Guimarães dos Santos

UNESP - Departamento de Biodiversidade e Bioestatística - Câmpus de Botucatu

Prof^a. Dr^a. Carmen Sílvia Fernandes Boaro

UNESP - Departamento de Biodiversidade e Bioestatística - Câmpus de Botucatu

Dr. Orivaldo José Saggin Júnior

EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Agrobiologia - Rio de Janeiro

Agradecimentos

Agradeço à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido por meio da Bolsa de Mestrado (processo nº 88887.903946/2023-00). Sem esse suporte, a realização deste trabalho não seria possível.

Ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal, Interunidades entre o Instituto de Biociências do Câmpus de Botucatu e Instituto de Biociências do Câmpus de Rio Claro pelo suporte para a realização do mestrado.

À Profª Drª Elza Guimarães e à Drª Priscila Tunes, que foram essenciais na minha jornada. Agradeço por toda a orientação e por me ajudarem a me tornar um profissional melhor.

Aos meus colegas do Laboratório de Ecologia e Evolução das Interações Planta Animal por toda ajuda e apoio na realização deste estudo.

SUMÁRIO

RESUMO	4
ABSTRACT	6
INTRODUÇÃO	8
OBJETIVOS	14
MATERIAL E MÉTODOS	14
1. Espécies utilizadas no estudo	14
2. Delineamento experimental	15
3. Variáveis analisadas	17
3.1. Produção de flores	17
3.2. Tamanho das flores	17
3.3. Caracterização do néctar floral	18
3.4. Dimensão dos nectários	18
3.5. Produção e viabilidade de grãos de pólen	18
3.6. Análise da biomassa seca	19
3.7. Verificação do estabelecimento da interação com FMA	19
4. Análise de dados	21
RESULTADOS	21
1. Produção de flores	21
2. Tamanho das flores	25
3. Caracterização do néctar floral	27
4. Dimensão dos nectários	33
5. Produção e viabilidade de grãos de pólen	41
6. Análise do peso da massa seca	42
7. Verificação do estabelecimento da interação com FMA	43
DISCUSSÃO	45
CONCLUSÃO	52
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	53

RESUMO

A polinização é um serviço ecossistêmico crucial para a produção de alimentos, sendo responsável pela reprodução de cerca de 76% das plantas utilizadas na alimentação no Brasil. No entanto, a mudança climática global representa um desafio para a polinização e a produção de alimentos, especialmente em relação aos cenários de seca previstos pelo IPCC-AR 6. A interação das plantas com fungos micorrízicos arbusculares (FMA) confere maior resistência ao déficit hídrico às plantas, pois a disponibilidade de água e nutrientes aumenta em decorrência dessa interação, podendo ser uma alternativa para promover cultivos sustentáveis e mais resilientes às secas previstas. Assim, o objetivo deste estudo foi testar se plantas que interagem com FMA têm seus caracteres florais menos afetados pelas condições de seca previstas pelo IPCC (2023). Para isso, submetemos indivíduos de *Cucurbita pepo* L. (Cucurbitaceae) cultivar Caserta a diferentes tratamentos de irrigação e de inoculação por FMA. Analisamos o efeito dos tratamentos sobre caracteres florais relacionados à interação com os polinizadores e com a fertilização, buscando compreender como a associação entre plantas e FMA pode influenciar na resposta às condições de seca e na reprodução da espécie vegetal. Os resultados mostraram que o estresse hídrico foi o principal modulador dos caracteres florais, reduzindo significativamente a produção de flores masculinas e femininas, o tamanho da corola masculina, o volume de néctar em ambos os sexos e as dimensões dos nectários. A inoculação com FMA apresentou um papel mitigador, em caracteres específicos. Essa especificidade foi evidenciada pelo aumento no volume de néctar e da quantidade de açúcar nas flores masculinas, um efeito que não se estendeu às flores femininas. Além disso, o efeito dos FMA sobre o tamanho da corola masculina foi condicional ao tratamento com boas condições de irrigação. O efeito benéfico dos

FMA, concentrado no recurso das flores masculinas, pode então ser crucial para manter a fidelidade dos polinizadores na planta como um todo durante a seca, através de um incremento no componente masculino do sucesso reprodutivo. O cenário de dependência do contexto que observamos corrobora a ideia de que os efeitos da simbiose em cultivos agrícolas não são universais, mas resultam de complexos *trade-offs* (compensações) entre custos e benefícios. Assim, nossos resultados reforçam que o resultado da interação planta-FMA é um balanço que varia entre diversos fatores, sejam das plantas, dos FMA ou ambientais, e não uma simples soma de benefícios.

Palavras-chave: caracteres florais; *Cucurbita pepo*; Cucurbitaceae; fungos micorrízicos arbusculares; micorrizas arbusculares; mudança climática; polinização; seca.

ABSTRACT

Pollination is a crucial ecosystem service for food production, responsible for the reproduction of about 76% of the plants used for food in Brazil. However, global climate change presents a challenge to pollination and food production, especially concerning the drought scenarios projected by the IPCC-AR 6. The interaction of plants with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) confers greater resistance to water deficit, as the availability of water and nutrients increases due to this interaction. This symbiosis could be an alternative for promoting sustainable and more resilient crops in the face of predicted droughts. Thus, the objective of this study was to test whether plants that interact with AMF have their floral traits less affected by the drought conditions projected by the IPCC (2023). For this, we subjected *Cucurbita pepo* L. (Cucurbitaceae) cultivar Caserta to different irrigation and AMF inoculation treatments. We analyzed the effect of the treatments on floral traits related to pollinator interaction and fertilization, seeking to understand how the association between plants and AMF can influence the response to drought conditions and the reproductive success of the plant species. The results showed that water stress was the main modulator of floral traits, significantly reducing the production of both male and female flowers, the size of the male corolla, the nectar volume in both sexes, and the dimensions of the nectaries. AMF inoculation played a mitigating role in specific traits. This specificity was evidenced by an increase in nectar volume and sugar content in male flowers, an effect that did not extend to female flowers. Furthermore, the effect of AMF on the size of the male corolla was conditional on the treatment with good irrigation conditions. The beneficial effect of

AMF, concentrated on the resource in male flowers, may therefore be crucial for maintaining pollinator fidelity to the plant as a whole during drought, by increasing the male component of reproductive success. The context-dependent scenario we observed corroborates the idea that the effects of symbiosis on agricultural crops are not universal but result from complex trade-offs between costs and benefits. Thus, our results reinforce that the outcome of the plant-AMF interaction is a balance that varies among several factors—whether from the plants, the AMF, or the environment—and not a simple sum of benefits.

Keywords: arbuscular mycorrhizal fungi; climate change; *Cucurbita pepo*; Cucurbitaceae; drought; floral traits; arbuscular mycorrhizae; pollination.

INTRODUÇÃO

A polinização é um serviço ecossistêmico crucial para a produção de alimentos (Costa & Oliveira, 2014), sendo que cerca de 76% das plantas utilizadas para alimentação no Brasil são dependentes de polinização realizada por animais, sejam espécies vegetais cultivadas ou silvestres (BPBES/REBIPP, 2019). Além de possibilitar a frutificação, a polinização cruzada pode aprimorar a qualidade dos frutos e sementes (Bazzicalupo *et al.*, 2024), aumentando a variabilidade genética e tornando os cultivos menos vulneráveis a pragas e doenças (Fatorini & Glover, 2020). Mesmo em plantas capazes de se autopolinizar, a polinização mediada por animais tende a aumentar tanto a quantidade quanto a qualidade da produção de frutos e/ou sementes (BPBES/REBIPP, 2019).

Os animais polinizadores, na maioria dos sistemas, visitam as flores em busca de recursos, como pólen, néctar, óleos, tecidos florais, entre outros (Wilmer, 2011). Esses animais podem ser artrópodes, aves, répteis e mamíferos, sendo os principais polinizadores as abelhas, que são responsáveis por polinizar aproximadamente 80% dos cultivos (Freitas *et al.*, 2015; BPBES/REBIPP, 2019).

A mudança climática é uma ameaça à polinização e aos ecossistemas agrícolas, principalmente devido às mudanças na precipitação (Wolowski *et al.*, 2019). De acordo com as previsões do IPCC AR-6 (2023), os períodos de seca serão mais longos e frequentes do que foi previsto anteriormente no AR-5 (IPCC, 2014), o que pode prejudicar ainda mais a polinização (IPCC, 2023).

Alterações na disponibilidade de água podem afetar importantes características das espécies vegetais (Carroll *et al.*, 2001; Blum, 2005; Burkle & Runyon, 2016; Descamps *et al.*, 2018), interferindo inclusive nos caracteres florais, que são o conjunto de atributos das flores que medeiam essa interação, funcionando tanto como atrativos,

que anunciam a presença de recursos, quanto como os próprios recursos oferecidos aos animais visitantes (Schaeffer & Ruxton, 2011; Willmer, 2011; Agostini *et al.*, 2014). Os atrativos englobam principalmente os sinais visuais (como cor, forma, tamanho e quantidade das flores) e olfativos (quantidade total e composição dos odores florais), que podem ser percebidos pelos polinizadores através de suas capacidades sensoriais específicas e podem atraí-los às flores (Chittka & Thomson, 2001; Schaeffer & Ruxton, 2011; Knauer & Schiestl, 2015). Já os recursos florais, como o néctar e o pólen, desempenham papéis distintos e cruciais para os polinizadores. Enquanto o néctar funciona como a principal fonte de energia para adultos de diversos grupos de polinizadores, o pólen é a fonte de proteína e lipídios fundamental para as abelhas, que o coletam ativamente para provisionar seus ninhos e garantir a nutrição de sua prole (Willmer, 2011; Agostini *et al.*, 2014). A combinação e a qualidade desses caracteres são, portanto, cruciais para a eficácia da polinização, influenciando diretamente o comportamento e a constância de visita dos polinizadores (Fowler *et al.*, 2016).

As condições de seca podem alterar os atrativos visuais e olfativos das flores (Glenny *et al.*, 2018), bem como os recursos florais, reduzindo a visita de polinizadores às flores, e causando assim, a diminuição do sucesso reprodutivo das plantas (García & Chacoff, 2007; Phillips *et al.*, 2018; Walter, 2020). Essas alterações podem envolver a redução da quantidade de flores abertas por dia, a redução no tamanho das flores, alterações no volume e na concentração do néctar floral, na quantidade de pólen e na quantidade e composição dos voláteis florais (Galen, 2000; Carroll *et al.*, 2001; Burkle & Runyon, 2016; Descamps *et al.*, 2018).

A diminuição no número de flores pode ter diversos efeitos negativos sobre a reprodução das plantas (Kuppler & Kotowska, 2021), levando ao menor número de unidades disponíveis para a formação de frutos (Sabat & Ackerman, 1996), ou ainda

reduzindo as chances de cruzamentos bem-sucedidos em espécies que dependem de polinização cruzada (Duncan *et al.*, 2004), podendo levar à diminuição do sucesso reprodutivo das plantas (García & Chacoff, 2007; Gallagher & Campbell, 2017). Além disso, a redução na quantidade de flores pode impactar negativamente a frequência e a duração das visitas dos polinizadores, já que flores menos abundantes tendem a ser menos conspícuas para esses animais (Spaethe *et al.*, 2001). Ademais, o maior anúncio floral contribui para a regularidade das visitas, tendo impacto positivo direto sobre a reprodução das plantas ao facilitar a transferência de pólen entre indivíduos da mesma espécie vegetal (Waser *et al.*, 1996), reduzindo a perda de grãos de pólen em estigmas incompatíveis.

Mudanças na disponibilidade de água também podem afetar recursos florais de interesse dos polinizadores (Waser *et al.*, 1996; Gagel, 1999; Carroll *et al.*, 2001), como o néctar, o principal recurso alimentar buscado por eles nas flores. Alterações nas características do néctar, como volume e concentração, podem influenciar o comportamento dos polinizadores (Nicolson *et al.*, 2007; Willmer, 2011). Mudanças no volume (Carroll *et al.*, 2001; Halpern *et al.*, 2010; Descamps *et al.*, 2018) e concentração do néctar (Rankin *et al.*, 2020; Tunes *et al.*, em revisão) em função da seca têm sido verificadas em diversas espécies vegetais, podendo afetar negativamente a visitação dos polinizadores (Nicolson *et al.*, 2007). Por sua vez, o pólen pode passar por mudanças em sua quantidade, qualidade e viabilidade em condições de seca (Descamps *et al.*, 2021). Essas mudanças podem interferir no sucesso reprodutivo das plantas de duas maneiras: a baixa quantidade ou qualidade do pólen pode reduzir as visitas dos polinizadores, comprometendo a polinização cruzada (Waser & Price, 2016); ou se a viabilidade do pólen for afetada (Descamps *et al.*, 2018), mesmo o pólen que alcançar o estigma não conseguirá germinar e fertilizar os óvulos, impedindo a formação de

sementes (Turner, 1993; Pacini & Dolferus, 2019). Esses efeitos negativos da seca sobre o néctar e o pólen podem somar-se, impactando ainda mais severamente o sucesso reprodutivo das plantas.

No cenário de mudança climática previsto pelo IPCC (2023), com secas mais frequentes e severas, espera-se que tais impactos se intensifiquem. Por isso, é importante estudarmos alternativas de cultivo sustentável que permitam que as plantas sejam mais resistentes às condições de seca. Uma possível alternativa é a introdução de fungos micorrízicos arbusculares na agricultura. Estes fungos estabelecem simbiose com as raízes de cerca de 80% das espécies vegetais terrestres (Smith & Read, 2008; Souza, *et al.*, 2010), e conferem às plantas maior resistência aos estresses bióticos e abióticos (Garmendia *et al.*, 2004; Djighaly *et al.*, 2020), incluindo estresse hídrico (Becker, 1976; Augé *et al.*, 2001). Nessa interação, as plantas fornecem energia em forma de fotossintatos para os fungos, que, por sua vez, absorvem água e nutrientes do solo e os disponibilizam para as plantas. Essa interação com FMA pode ser muito importante para o desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas, já que ela aumenta a disponibilidade de água e nutrientes (Chen *et al.*, 2018; Plett *et al.*, 2020).

Pelo fato de favorecer o crescimento e a resistência das plantas ao estresse hídrico, os fungos micorrízicos arbusculares desempenham um papel essencial no equilíbrio dos ecossistemas agrícolas (Wang *et al.*, 2024). As hifas dos fungos micorrízicos arbusculares (FMA) ampliam o alcance das raízes ao se estenderem para além da zona de depleção de nutrientes, aumentando significativamente a capacidade de absorção de água e nutrientes pelas plantas. Com diâmetro muito menor que o das raízes e dos pelos radiculares, as hifas conseguem penetrar em poros do solo inacessíveis às raízes, o que otimiza a captação de recursos hídricos e nutricionais (Moreira & Siqueira, 2006). Os FMA também podem absorver nutrientes essenciais para o crescimento das

plantas, mesmo quando estão em concentrações reduzidas ou têm baixa mobilidade no solo, como fósforo, zinco e cobre (Smith & Read, 2008; Souza *et al.*, 2010). Além disso, as hifas promovem a agregação do solo ao envolver partículas e liberar substâncias adesivas, o que melhora a estrutura e a retenção de água e nutrientes, aspectos essenciais para a saúde do solo (Moreira & Siqueira, 2006; Gupta *et al.*, 2019). Ao aumentar a absorção de nutrientes e melhorar a retenção de água no solo, os FMA beneficiam diretamente as plantas cultivadas, promovendo a saúde do solo e criando condições mais favoráveis para o desenvolvimento de cultivos (Jeffries *et al.*, 2002; Delavaux *et al.*, 2017; Fall *et al.*, 2022). Essa simbiose contribui para a sustentabilidade das práticas agrícolas, ajudando a reduzir a necessidade de insumos químicos, como fertilizantes, e de irrigação excessiva, além de promover a estrutura do solo e evitar erosão e perda de nutrientes (Gianinazzi *et al.*, 2010; Sosa-Hernández *et al.*, 2019). Além disso, plantas associadas aos fungos micorrízicos sustentam uma maior biodiversidade de microrganismos benéficos no solo, criando um ambiente mais resiliente e produtivo (Jeffries *et al.*, 2002; Giovannini *et al.*, 2020; Ferreira *et al.*, 2020; Wang *et al.*, 2024), o que pode ser uma estratégia eficaz para enfrentar os desafios da produção de alimentos em um cenário de mudanças climáticas. Dessa forma, os FMA tornam-se elementos fundamentais para a estabilidade e a produtividade sustentável dos ecossistemas agrícolas ao longo do tempo.

Apesar da escassez de informações do papel dos FMA sobre os caracteres florais em condições de seca, sabe-se que em condições normais eles favorecem o desenvolvimento de características atrativas aos polinizadores (Bennet & Mick, 2020), aumentando o anúncio floral, tanto pelo aumento do tamanho das flores (Gange & Smith, 2005; Varga & Kytöviita, 2010; Vaingankar & Rodrigues, 2012; Püschel *et al.*, 2014; Saini *et al.*, 2017, 2019a, 2019b), quanto pelo aumento da quantidade de flores

ou inflorescências produzidas (Vaingankar & Rodrigues, 2012; Nazari Deljou *et al.*, 2014; Püschel *et al.*, 2014; Bona *et al.*, 2015; Bona *et al.*, 2017; Lazzara *et al.*, 2017; Saini *et al.*, 2017, 2019a). Os recursos florais também são influenciados positivamente pela interação das plantas com os FMA, sendo que plantas associadas aos fungos micorrízicos apresentam maior quantidade de grãos de pólen (Lau *et al.*, 1995; Philip *et al.*, 2001; Poulton *et al.*, 2001; Varga & Kytoviita, 2010; Pereyra *et al.*, 2019), e maior volume de néctar do que plantas sem interação com FMA (Gange & Smith, 2005; Kiers *et al.*, 2010). É importante destacar que os efeitos observados em condições normais podem ter uma grande relevância em cenários de seca se as tendências observadas nesses trabalhos se mantiverem.

Assim, dado o potencial das micorrizas em aumentar a captação de água e nutrientes pelas plantas, a interação entre espécies agrícolas e FMA pode desempenhar um papel importante na mitigação dos efeitos negativos da seca sobre diversos caracteres florais essenciais para a polinização, incluindo caracteres visuais e olfatórios que podem atuar como atrativos aos polinizadores, e caracteres relacionados aos recursos tróficos (Figura 1). Assim, no presente trabalho investigamos se a interação de FMA com uma espécie vegetal modelo dependente de polinizadores e de relevância agrícola mundial, *Cucurbita pepo* L. (Cucurbitaceae), favorece a preservação de seus caracteres florais em condições de seca.

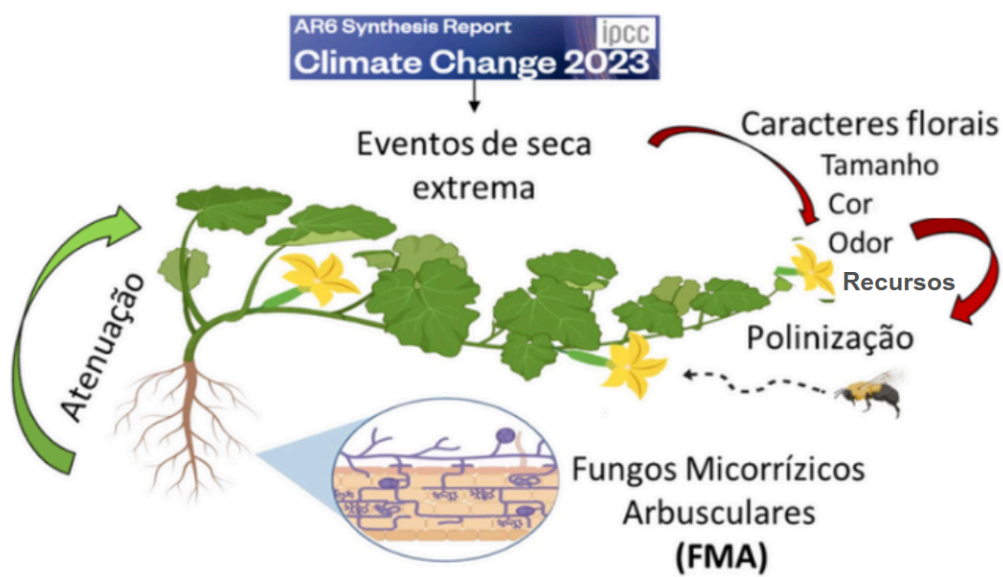


Figura 1. Esquema ilustrando as relações que constituem o referencial teórico deste estudo. A seta verde indica efeito benéfico, enquanto as setas vermelhas indicam efeitos negativos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Agostini, K., Lopes, A. V., & Machado, I. C. (2014). Recursos florais. In A. R. Rech, K. Agostini, P. E. Oliveira, & I. C. Machado (Orgs.), *Biologia da Polinização* (pp. 129–150). Rio de Janeiro: Projeto Cultural
- Aguilar, R., Ashworth, L., Galetto, L., & Aizen, M. A. (2006). Plant reproductive susceptibility to habitat fragmentation: Review and synthesis through a meta-analysis. *Ecology Letters*, 9(8), 968–980
- Akter, A., & Klečka, J. (2020). Water stress and nitrogen supply affect floral traits and pollination of the white mustard, *Sinapis alba* (Brassicaceae). *PeerJ*, 10. <https://doi.org/10.7717/peerj.13009>
- Ali, O., Cheddadi, I., Landrein, B., & Long, Y. (2023). Revisiting the relationship between turgor pressure and plant cell growth. *New Phytologist*, 238(1), 62–69
- Augé, R. M., et al. (2001). Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. *Plant and Soil*, 230(1), 87–97
- Avila-Sakar, G., Krupnick, G. A., & Stephenson, A. G. (2001). Growth and resource allocation in *Cucurbita pepo* ssp. *texana*: Effects of fruit removal. *International Journal of Plant Sciences*, 162(5), 1089–1095. <https://doi.org/10.1086/322879>

- Baptista, C. F. (2016). *Polinização de Cucurbita pepo (Cucurbitaceae) por Melipona quadrifasciata (Hymenoptera: Apidae: Meliponini) em cultivo protegido* (Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Viçosa). Viçosa, MG
- Barber, N. A., Kiers, E. T., Hazzard, R. V., & Adler, L. S. (2013). Context-dependency of arbuscular mycorrhizal fungi on plant–insect interactions in an agroecosystem. *Frontiers in Plant Science*, 4. <https://doi.org/10.3389/fpls.2013.00338>
- Barman, M., Tenhaken, R., & Dötterl, S. (2024). Negative and sex-specific effects of drought on flower production, resources, and pollinator visitation, but not on floral scent in monoecious *Cucurbita pepo*. *The New Phytologist*. <https://doi.org/10.1111/nph.20016>
- Baylis, G. T. S. (1975). The magnolid mycorrhizal and mycotrophy in root systems derived from it. In Sander, F. E., Moose, B., & B. B. Tinker (Eds.), *Endomycorrhizas* (pp. 373–389). London: *Academic Press*
- Bazzicalupo, M., Masullo, I., Duffy, K., Fay, M., & Calevo, J. (2024). Seed quality and germination performance increase with cross-pollination in members of subtribe Orchidinae (Orchidaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boae032>
- Becker, W. N., & Hall, I. R. (1976). *Gigaspora margarita*, a new species in the Endogonaceae. *Mycotaxon*, 4(1), 155–160
- Becklin, K. M., Gamez, G., Uelk, B., Raguso, R. A., & Galen, C. (2011). Soil fungal effects on floral signals, rewards, and aboveground interactions in an alpine pollination web. *American Journal of Botany*, 98(8), 1299–1308. <https://doi.org/10.3732/ajb.1000450>
- Bennett, A. E., & Meek, H. C. (2020). The influence of arbuscular mycorrhizal fungi on plant reproduction. *Journal of Chemical Ecology*, 46(8), 707–721. <https://doi.org/10.1007/s10886-020-01183-5>
- Blum, A. (2005). Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential - Are they compatible, dissonant, or mutually exclusive? *Australian Journal of Agricultural Research*, 56(11), 1159–1168
- Bolin, L. G., Benning, J. W., & Moeller, D. A. (2018). Mycorrhizal interactions do not influence plant-herbivore interactions in populations of *Clarkia xantiana* ssp *xantiana* spanning from center to margin of the geographic range. *Ecology and Evolution*, 8(21), 10743–10753. <https://doi.org/10.1002/ece3.4523>

- Bona, E., Cantamessa, S., Massa, N., Manassero, P., Marsano, F., Copetta, A., Lingua, G., D'Agostino, G., Gamalero, E., & Berta, G. (2017). Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth-promoting pseudomonads improve yield, quality and nutritional value of tomato: A field study. *Mycorrhiza*, 27(1), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s00572-016-0727-y>
- Bona, E., Lingua, G., Manassero, P., Cantamessa, S., Marsano, F., Todeschini, V., Copetta, A., D'Agostino, G., Massa, N., Avidano, L., Gamalero, E., & Berta, G. (2015). AM fungi and PGP pseudomonads increase flowering, fruit production, and vitamin content in strawberry grown at low nitrogen and phosphorus levels. *Mycorrhiza*, 25(3), 181–193. <https://doi.org/10.1007/s00572-014-0599-y>
- Burkle, L. A., & Runyon, J. B. (2016). Drought and leaf herbivory influence floral volatiles and pollinator attraction. *Global Change Biology*, 22(4), 1644–1654. <https://doi.org/10.1111/gcb.13149>
- Cahill, J. F., Jr., Elle, E., Smith, G. R., & Shore, B. H. (2008). Disruption of a belowground mutualism alters interactions between plants and their floral visitors. *Ecology*, 89(7), 1791–1801. <https://doi.org/10.1890/07-0719.1>
- Carroll, A. B., Pallardy, S. G., & Galen, C. (2001). Drought stress, plant water status, and floral trait expression in fireweed, *Epilobium angustifolium* (Onagraceae). *American Journal of Botany*, 88(3), 438–446
- Chan, S., & Raine, N. (2023). Sharing the wealth: Pollen partitioning in a *Cucurbita* crop pollination system with reference to the wild hoary squash bee. *Journal of Pollination Ecology*, 34, 15–26. [https://doi.org/10.26786/1920-7603\(2023\)751](https://doi.org/10.26786/1920-7603(2023)751)
- Chen, M., Arato, M., Borghi, L., Nouri, E., & Reinhardt, D. (2018). Beneficial services of arbuscular mycorrhizal fungi – From ecology to application. *Frontiers in Plant Science*, 9, Article 1270. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01270>
- Cnaani, J., Thomson, J., & Papaj, D. (2006). Flower choice and learning in foraging bumblebees: Effects of variation in nectar volume and concentration. *Ethology*, 112, 278–285. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0310.2006.01174.x>
- Costa, C. C. de A., & Oliveira, F. L. (2014). Polinização: serviços ecossistêmicos e o seu uso na agricultura. *Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável*, 8(3), 1–10
- Dafni, A. (1992). Pollination ecology: A practical approach. IRL Press

- Delavaux, C., Smith-Ramesh, L., & Kuebbing, S. (2017). Beyond nutrients: A meta-analysis of the diverse effects of arbuscular mycorrhizal fungi on plants and soils. *Ecology*, 98(8), 2111–2119. <https://doi.org/10.1002/ecy.1892>
- Descamps, C., Marée, S., Hugon, S., Quinet, M., & Jacquemart, A. L. (2020). Species-specific responses to combined water stress and increasing temperatures in two bee-pollinated congeners (*Echium*, Boraginaceae). *Ecology and Evolution*, 10(13), 6549–6561
- Descamps, C., Quinet, M., Baijot, A., & Jacquemart, A. L. (2018). Temperature and water stress affect plant–pollinator interactions in *Borago officinalis* (Boraginaceae). *Ecology and Evolution*, 8(6), 3443–3456. <https://doi.org/10.1002/ece3.3908>
- Descamps, C., Quinet, M., & Jacquemart, A. (2021). Climate change–induced stress reduce quantity and alter composition of nectar and pollen from a bee-pollinated species (*Borago officinalis*, Boraginaceae). *Frontiers in Plant Science*, 12, Article 755843. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.755843>
- Djighaly, P., Diagne, N., Svistoonoff, S., Ngom, M., Fall, D., & Hoher, V. (2020). Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and performance: Importance in biotic and abiotic stressed regulation. *Diversity*, 12(10), Article 370. <https://doi.org/10.3390/d12100370>
- Duncan, D., Nicotra, A., Wood, J., & Cunningham, S. (2004). Plant isolation reduces outcross pollen receipt in a partially self-compatible herb. *Journal of Ecology*, 92. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2745.2004.00933.x>
- Fall, A., Nakabonge, G., Ssekandi, J., Founoune-Mboup, H., Apori, S., Ndiaye, A., Badji, A., & Ngom, K. (2022). Roles of arbuscular mycorrhizal fungi on soil fertility: Contribution in the improvement of physical, chemical, and biological properties of the soil. *Frontiers in Fungal Biology*, 3. <https://doi.org/10.3389/ffunb.2022.723892>
- Fang, X., Turner, N. C., Yan, G., Li, F., & Siddique, K. H. (2010). Flower numbers, pod production, pollen viability, and pistil function are reduced and flower and pod abortion increased in chickpea (*Cicer arietinum*) under terminal drought. *Journal of Experimental Botany*, 61(2), 335–345. <https://doi.org/10.1093/jxb/erp307>

- Fenster, C. B., Armbruster, W. S., Wilson, P., Dudash, M. R., & Thomson, J. D. (2004). Pollination syndromes and floral specialization. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 35(1), 375–403
- Fattorini, R., & Glover, B. (2020). Molecular mechanisms of pollination biology. *Annual Review of Plant Biology*. <https://doi.org/10.1146/annurev-arplant-081519-040003>
- Ferreira, D., Silva, T., Pylro, V., Salles, J., Andreote, F., & Dini-Andreote, F. (2020). Soil microbial diversity affects the plant-root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi. *Microbial Ecology*, 82, 100–103. <https://doi.org/10.1007/s00248-020-01502-z>
- Filgueira, F. A. R. (2003). Novo manual de olericultura (2ª ed.). Viçosa, MG: Editora UFV
- Finch, J., Watson-Lazowski, A., & Cook, J. (2022). Sex and flowers: Testing the resource-dependent selection hypothesis for flower sex allocation. *Australian Journal of Botany*. <https://doi.org/10.1071/bt22015>
- Fowler, R., Rotheray, E., & Goulson, D. (2016). Floral abundance and resource quality influence pollinator choice. *Insect Conservation and Diversity*, 9. <https://doi.org/10.1111/icad.12197>
- Freitas, B. M., Silva, C. I., Pacheco, A. J. S. F., Alves, D. A., Giannini, T. C., & Gazzoni, D. L. (2015). *Agricultura e polinizadores. Associação Brasileira de Estudos das Abelhas - A.B.E.L.H.A.* <https://www.abelha.org.br/publicacoes/ebooks/Agricultura-e-Polinizacao.pdf>
- Galen, C. (2000). High and dry: Drought stress, sex-allocation trade-offs, and selection on flower size in the alpine wildflower *Polemonium viscosum* (Polemoniaceae). *American Naturalist*, 156(1), 72–83
- Gallager, M. K., & Campbell, D. R. (2017). Shifts in water availability mediate plant–pollinator interactions. *New Phytologist*, 215(2), 792–802. <https://doi.org/10.1111/nph.14511>
- Gange, A. C., & Smith, A. K. (2005). Arbuscular mycorrhizal fungi influence visitation rates of pollinating insects. *Ecological Entomology*, 30(5), 600–606. <https://doi.org/10.1111/j.0307-6946.2005.00723.x>
- García, D. & Chacoff, N. P. (2007). Scale-dependent effects of habitat fragmentation on hawthorn pollination, frugivory, and seed predation. *Conservation Biology*, 21(2), 400–411. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2006.00610.x>

- García, Y., Dow, B. S., & Parachnowitsch, A. L. (2023). Water deficit changes patterns of selection on floral signals and nectar rewards in the common morning glory. *AoB Plants*, 15(5), plad061
- Garmendia, I., Goicoechea, N., & Aguirreolea, J. (2004). Effectiveness of three *Glomus* species in protecting pepper (*Capsicum annuum* L.) against *Verticillium* wilt. *Biological Control*, 31(3), 296–305. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2004.06.004>
- Gao, L., Yu, G., Hu, F., Li, Z., Li, W., & Peng, C. (2021). The patterns of male and female flowers in flowering stage may not be optimal resource allocation for fruit and seed growth. *Plants*, 10(12), 2819
- Gebreslassie, S., Jida, M., Puente, M. L., Covacevich, F., & Belay, Z. (2024). Inoculation of native arbuscular mycorrhizae and *Bacillus subtilis* can improve growth in vegetable crops. *International Journal of Microbiology*, 2024, Article 9226715. <https://doi.org/10.1155/2024/9226715>
- Gianinazzi, S., Gollotte, A., Binet, M., Tuinen, D., Redecker, D., & Wipf, D. (2010). Agroecology: The key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza*, 20, 519–530. <https://doi.org/10.1007/s00572-010-0333-3>
- Giovannini, L., Palla, M., Agnolucci, M., Avio, L., Sbrana, C., Turrini, A., & Giovannetti, M. (2020). Arbuscular mycorrhizal fungi and associated microbiota as plant biostimulants: Research strategies for the selection of the best performing inocula. *Agronomy*, 10(106). <https://doi.org/10.3390/agronomy10010106>
- Glenny, W., Runyon, J., & Burkle, L. (2018). Drought and increased CO₂ alter floral visual and olfactory traits with context-dependent effects on pollinator visitation. *The New Phytologist*, 220(3), 785–798. <https://doi.org/10.1111/nph.15081>
- Gratani, L. (2014). Plant phenotypic plasticity in response to environmental factors. *Advances in Botany*, 2014, Article 208747. <https://doi.org/10.1155/2014/208747>
- Guzman, A., Montes, M., Lamie, N., Bañuelos, M., DeLaCerde, G., Soria-Gilman, I., Firestone, M., Bowles, T., & Kremen, C. (2024). Arbuscular mycorrhizal interactions and nutrient supply mediate floral trait variation and pollinator visitation. *New Phytologist*. <https://doi.org/10.1111/nph.20219>
- Heiden, G., Barbieri, R. L., & Neitzke, R. S. (2007). *Chave para a identificação das*

espécies de abóboras (Cucurbita, Cucurbitaceae) cultivadas no Brasil (Documentos 191). Embrapa.

- Herlihy, C. R., & Delph, L. F. (2009). Differential response of floral attractiveness and gametophyte production to stress in flower-size selection lines of *Silene latifolia* (Caryophyllaceae). *International Journal of Plant Sciences*, 170(8), 1103–1110. <https://doi.org/10.1086/605121>
- Höfer, R. J., Ayasse, M., & Kuppler, J. (2021). Bumblebee behavior on flowers, but not initial attraction, is altered by short-term drought stress. *Frontiers in Plant Science*, 11, 564802
- Hoover, S. E., Ladley, J. J., Shchepetkina, A. A., Shchepetkin, M. A., Carter, R. M. B. T., Tylianakis, J. M., & Coomes, D. A. (2012). Warming, CO₂, and nitrogen deposition interactively affect a plant-pollinator mutualism. *Ecology Letters*, 15(3), 227–234. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2011.01728.x>
- Hora, R. C., Assis, J. S. de, Oliveira, S. H. F., Lima, J. G. M. de, & Oliveira, P. S. R. (2018). *Cucurbitáceas*. In *Hortaliças-fruto: produção e pós-colheita* (pp. 167-214). Editora UFV
- Hyjazie, B., & Sargent, R. (2024). Manipulation of soil mycorrhizal fungi influences floral traits. *New Phytologist*, 242(5), 1845–1856. <https://doi.org/10.1111/nph.19625>
- IPCC. (2023). *Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (H. Lee & J. Romero, Eds.). Geneva, Switzerland: IPCC
- Jacott, C. N., Murray, J. D., & Ridout, C. J. (2017). Trade-offs in arbuscular mycorrhizal symbiosis: Disease resistance, growth responses and perspectives for crop breeding. *Agronomy*, 7(4), Article 75. <https://doi.org/10.3390/agronomy7040075>
- Jeffries, P., Gianinazzi, S., Perotto, S., Turnau, K., & Barea, J. (2002). The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biology and Fertility of Soils*, 37, 1–16. <https://doi.org/10.1007/s00374-002-0546-5>
- Keller, I., Fluri, P., & Imdorf, A. (2005). Pollen nutrition and colony development in honey bees—Part II. *Bee World*, 86, 27 - 34. <https://doi.org/10.1080/0005772X.2005.11099650>

- Kiers, E. T., Adler, L. S., Grman, E. L., & van der Heijden, M. G. A. (2010). Manipulating the jasmonate response: How do methyl jasmonate additions mediate characteristics of aboveground and belowground mutualisms? *Functional Ecology*, 24(2), 434–443. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2435.2009.01625.x>
- Klomberg, Y., Tropek, R., Mertens, J., Kobe, I., Hodeček, J., Raška, J., Fominka, N., Souto-Vilarós, D., Janečková, P., & Janěček, Š. (2022). Spatiotemporal variation in the role of floral traits in shaping tropical plant-pollinator interactions. *Ecology Letters*, 25(4), 858–870. <https://doi.org/10.1111/ele.13958>
- Kuppler, J., & Kotowska, M. M. (2021). A meta-analysis of responses in floral traits and flower-visitor interactions to water deficit. *Global Change Biology*, 27(13), 3095–3108. <https://doi.org/10.1111/gcb.15621>
- Kuppler, J., Wieland, J., Junker, R. R., & Ayasse, M. (2021). Drought-induced reduction in flower size and abundance correlates with reduced flower visits by bumble bees. *AoB Plants*, 13(1), plab001. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plab001>
- Lambais, M. R., & Cardoso, E. J. B. N. (1988). Avaliação da germinação de esporos de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares e da colonização micorrízica de *Stylosanthes guianensis* em solo ácido e distrófico. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 12, 249–255
- Lau, T. C., Lu, X., Koide, R. T., & Stephenson, A. G. (1995). Effects of soil fertility and mycorrhizal infection on pollen production and pollen grain size of *Cucurbita pepo* (Cucurbitaceae). *Plant, Cell & Environment*, 18(3), 349–356. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.1995.tb00367.x>
- Lazzara, S., Militello, M., Carrubba, A., Napoli, E., & Saia, S. (2017). Arbuscular mycorrhizal fungi altered the hypericin, pseudohypericin, and hyperforin content in flowers of *Hypericum perforatum* grown under contrasting P availability in a highly organic substrate. *Mycorrhiza*, 27(4), 345–354. <https://doi.org/10.1007/s00572-016-0756-6>
- Lu, X., & Koide, R. T. (1994). The effects of mycorrhizal infection on components of plant growth and reproduction. *New Phytologist*, 128(2), 211–218. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1994.tb04010.x>
- Malavolta, E. (2006). *Manual de Nutrição Mineral de Plantas*. Editora Agronômica Ceres.

- Mallinger, R. E., & Liburd, O. E. (2021). *Pollination of Cucurbita spp. (squash and pumpkin) crops in Florida*. EDIS, 2021(1), 7
- Mantovani, E. C., Bernardo, S., & Palaretti, L. F. (2009). *Irrigação: Princípios e métodos* (3ª ed., p. 355). Viçosa, MG: Editora UFV
- Moreira, F. M. S., & Siqueira, J. O. (2006). *Microbiologia e bioquímica do solo* (2ª ed.). UFLA.
- Nepi, M., Cresti, L., Guarnieri, M., & Pacini, E. (2011). Dynamics of nectar production and nectar homeostasis in male flowers of *Cucurbita pepo* L. *International Journal of Plant Sciences*, 172(2), 183–190
- Nepi, M., Guarnieri, M., & Pacini, E. (2001). Nectar secretion, reabsorption and sugar composition in male and female flowers of *Cucurbita pepo*. *International Journal of Plant Sciences*, 162(2), 353–358. <https://doi.org/10.1086/319581>
- Nepi, M., & Pacini, E. (1993). Pollination, pollen viability and pistil receptivity in *Cucurbita pepo*. *Annals of Botany*, 72(5), 527-536. <https://doi.org/10.1006/anbo.1993.1141>
- Nicolson, S. W., Nepi, M., & Pacini, E. (2007). *Nectaries and nectar* (p. 408). Dordrecht, Netherlands: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-5937-7>
- Nogueira, M. A. (1997). *Colonização radicular e produção de micélio externo por duas espécies de fungos micorrízicos arbusculares em soja submetida a doses de fósforo* (Dissertação de mestrado, Universidade de São Paulo, Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz).
- Novais, C. B., Borges, W. L., Sbrana, C., Giovannetti, M., Saggin, O. J., & Siqueira, J. O. (2017). *Técnicas básicas em micorrizas arbusculares*. Lavras, MG: Ed. UFLA
- Orine, D., Defosse, E., Vergara, F., Uthe, H., van Dam, N. M., & Rasmann, S. (2022). Arbuscular mycorrhizal fungi prevent the negative effect of drought and modulate the growth-defence trade-off in tomato plants. *New Phytologist*, 235(5), 1984–1997. <https://doi.org/10.1111/nph.18285>
- Pacini, E., & Dolferus, R. (2019). Pollen developmental arrest: Maintaining pollen fertility in a world with a changing climate. *Frontiers in Plant Science*, 10, 679. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00679>
- Pereyra, M., Grilli, G., & Galetto, L. (2019). Root-associated fungi increase male fitness, while high simulated herbivory decreases indirect defenses in *Croton*

- lachnostachyus* plants. *Plant Ecology*, 220(1), 29–39.
<https://doi.org/10.1007/s11258-018-0900-9>
- Phillips, B., Shaw, R., Holland, M., Fry, E., Bardgett, R., Bullock, J., & Osborne, J. (2018). Drought reduces floral resources for pollinators. *Global Change Biology*, 24, 3226–3235. <https://doi.org/10.1111/gcb.14130>
- Philip, L. J., Posluszny, U., & Klironomos, J. N. (2001). The influence of mycorrhizal colonization on the vegetative growth and sexual reproductive potential of *Lythrum salicaria*. *Canadian Journal of Botany*, 79(4), 381–388.
<https://doi.org/10.1139/b01-021>
- Pigliucci, M. (2002). Canalization and developmental stability in plants. *Annals of Botany*, 90(3), 271–279. <https://doi.org/10.1093/aob/mcf164>
- Plett, D., Ranathunge, K., Melino, V., Kuya, N., Uga, Y., & Kronzucker, H. (2020). The intersection of nitrogen nutrition and water use in plants: New paths toward improved crop productivity. *Journal of Experimental Botany*, 71, 4452–4468.
<https://doi.org/10.1093/jxb/eraa049>
- Policha, T., Davis, A., Barnadas, M., Dentinger, B., Raguso, R., & Roy, B. (2016). Disentangling visual and olfactory signals in mushroom-mimicking *Dracula* orchids using realistic three-dimensional printed flowers. *The New Phytologist*, 210 3, 1058–71. <https://doi.org/10.1111/nph.13855>
- Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: Trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345–353
- Poulton, J. L., Koide, R. T., & Stephenson, A. G. (2001). Effects of mycorrhizal infection and soil phosphorus availability on in vitro and in vivo pollen performance in *Lycopersicon esculentum* (Solanaceae). *American Journal of Botany*, 88(10), 1786–1793. <https://doi.org/10.2307/3558354>
- Proctor, M., Yeo, P., & Lack, A. (1996). *The natural history of pollination*. London: HarperCollins Publishers
- Püschel, D., Rydlová, J., & Vosátka, M. (2014). Can mycorrhizal inoculation stimulate the growth and flowering of peat-grown ornamental plants under standard or reduced watering? *Applied Soil Ecology*, 80, 93–99.
<https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.04.001>

- Ratnam, N., Vandana, Najibullah, M., & Ibrahim, M. (2017). A review on *Cucurbita pepo*. *International Journal of Pharmacognosy and Phytochemical Research*, 9(9), 1190–1194. <https://doi.org/10.25258/phyto.v9i09.10305>
- Rering, C. C., Franco, J. G., Yeater, K. M., & Mallinger, R. E. (2020). Drought stress alters floral volatiles and reduces floral rewards, pollinator activity, and seed set in a global plant. *Ecosphere*, 11(9), e03254
- Romero-Bravo, A., & Castellanos, M. (2024). Nectar and floral morphology differ in evolutionary potential in novel pollination environments. *The New Phytologist*. <https://doi.org/10.1111/nph.19780>
- Sabat, A., & Ackerman, J. (1996). Fruit set in a deceptive orchid: The effect of flowering phenology, display size, and local floral abundance. *American Journal of Botany*, 83, 1181–1186. <https://doi.org/10.1002/J.1537-2197.1996.TB13899.X>
- Saini, H. S., & Westgate, M. E. (1999). Reproductive development in grain crops during drought. In D. L. Sparks (Ed.), *Advances in agronomy* (Vol. 68, pp. 59–96). Academic Press. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(08\)60843-3](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(08)60843-3)
- Saveson, G. (2021). *Linking mycorrhizal colonization to floral rewards and reproductive success in highbush blueberry, Vaccinium corymbosum* [Tese de Conclusão de Curso, University of Vermont]
- Sensoy, S., Tufenkci, S., Demir, S., & Erdinc, C. (2011). Response of four zucchini (*Cucurbita pepo* L.) hybrids to different arbuscular mycorrhizal fungi. *Journal of Animal and Plant Sciences*, 21(4), 751–757
- Singh, S. R., Singh, U., Chaubey, A. K., & Bhat, M. (2010). Mycorrhizal fungi for sustainable agriculture - a review. *Agricultural Reviews*, 31(2), 93-104
- Shwe, E., Wu, B., & Huang, S. (2020). Both small and large plants are likely to produce staminate (male) flowers in a hermaphrodite lily. *Plant Diversity*, 42, 142–147. <https://doi.org/10.1016/j.pld.2020.01.004>
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2008). *Mycorrhizal symbiosis* (3rd ed.). Cambridge, UK: Academic Press
- Song, B., Niu, Y., Stöcklin, J., Chen, G., Peng, D., Gao, Y., & Sun, H. (2015). Pollinator attraction in *Cornus capitata* (Cornaceae): the relative role of visual and olfactory cues. *Journal of Plant Ecology*, 8, 173-181. <https://doi.org/10.1093/JPE/RTV012>
- Sosa-Hernández, M., Leifheit, E., Ingraffia, R., & Rillig, M. (2019). Subsoil arbuscular mycorrhizal fungi for sustainability and climate-smart agriculture: A solution

- right under our feet? *Frontiers in Microbiology*, 10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.00744>
- Souza, F. A., Stürmer, S. L., Arrenho, S., & Trufem, S. F. B. (2010). *Classificação e taxonomia de fungos micorrízicos arbusculares e sua diversidade e ocorrência no Brasil*. Lavras, MG: Ed. UFLA
- Spaethe, J., Schmidt, A., Hickelsberger, A., & Chittka, L. (2001). Adaptation, constraint, and chance in the evolution of flower color and pollinator color vision. *Ecology*, 82(6), 934–944 [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2001\)082\[0934:ACACIT\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2001)082[0934:ACACIT]2.0.CO;2)
- Tardieu, F. (2013). Plant response to environmental conditions: Assessing potential production, water demand, and negative effects of water deficit. *Frontiers in Physiology*, 4, Article 17. <https://doi.org/10.3389/fphys.2013.00017>
- Tognon, G. B., Sanmartin, C., Alcolea, V., Cuquel, F. L., & Goicoechea, N. (2016). Mycorrhizal inoculation and/or selenium application affect post-harvest performance of snapdragon flowers. *Plant Growth Regulation*, 78(3), 389–400. <https://doi.org/10.1007/s10725-015-0100-8>
- Torezani, K. R. de S. (2015). *Polinização da abóboreira (Cucurbita pepo L.): Um estudo sobre a comunidade de abelhas em sistemas orgânicos e convencionais de produção no Distrito Federal* (Dissertação de Mestrado, Universidade de Brasília)
- Trouvelot, A., Kough, J. L., & Gianinazzi-Pearson, V. (1986). Mesure du taux de mycorrhization VA d'un système racinaire. Recherche de méthode d'estimation ayant une signification fonctionnelle. In V. Gianinazzi-Pearson & S. Gianinazzi (Eds.), *Physiological and genetical aspects of mycorrhizae: Proceedings of the 1st European Symposium on Mycorrhizae* (pp. 217–221). INRA.
- Turner, L. B. (1993). The effect of water stress on floral characters, pollination and seed set in white clover (*Trifolium repens* L.). *Journal of Experimental Botany*, 44(7), 1155–1160
- Vaingankar, J. D., & Rodrigues, B. F. (2012). Screening for efficient AM (arbuscular mycorrhizal) fungal bioinoculants for two commercially important ornamental flowering plant species of Asteraceae. *Biological Agriculture & Horticulture*, 28(3), 167–176. <https://doi.org/10.1080/01448765.2022.727541>

- Walter, J. (2020). Dryness, wetness and temporary flooding reduce floral resources of plant communities with adverse consequences for pollinator attraction. *Journal of Ecology*, 108(5), 1453–1464. <https://doi.org/10.1111/1365-2745.13364>
- Wang, W., Shi, J., Xie, Q., Jiang, Y., Yu, N., & Wang, E. (2017). Nutrient exchange and regulation in arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Molecular Plant*, 10(9), 1147–1158. <https://doi.org/10.1016/j.molp.2017.07.012>
- Waser, N. M. (1978). Interspecific pollen transfer and competition between co-occurring plant species. *Oecologia*, 36(2), 223–236
- Waser, N. M., & Price, M. V. (2016). Drought, pollen and nectar availability, and pollination success. *Ecology*, 97(6), 1400–1409. <https://doi.org/10.1890/15-0712>
- Waser, N. M., Chittka, L., Price, M. V., Williams, N. M., & Ollerton, J. (1996). Generalization in pollination systems, and why it matters. *Ecology*, 77(4), 1043–1060. <https://doi.org/10.2307/2265575>
- Willmer, P. (2011). *Pollination and floral ecology*. Princeton, NJ: Princeton University Press
- Wilson Rankin, E. E., Barney, S. K., & Lozano, G. E. (2020). Reduced water negatively impacts social bee survival and productivity via shifts in floral nutrition. *Journal of Insect Science*, 20(5), 15
- Yi, X., Zhang, Y., Yao, H., Luo, H., Gou, L., Chow, W., & Zhang, W. (2016). Rapid recovery of photosynthetic rate following soil water deficit and re-watering in cotton plants (*Gossypium herbaceum* L.) is related to the stability of the photosystems. *Journal of Plant Physiology*, 194, 23–34 <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2016.01.016>
- Yu, H., Cao, Y., Wang, Z., Zhang, J., Yang, L., Zhao, Z., Wang, S., Zhou, Z., Loka, D. A., & Hu, W. (2023). Identification of the most sensitive stage of cotton microspore development to water deficit and analysis of carbohydrate metabolism related to pollen viability. *Environmental and Experimental Botany*, 206, Article 105161. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.105161>
- Zambon, V., Agostini, K., Nepi, M., Rossi, M., Martinelli, A., & Sazima, M. (2020). Nectar as manipulator: How nectar traits influence changes in pollinator groups of *Aechmea vanhoutteana*, a bromeliad from the Brazilian Atlantic Forest. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 192, 803–815. <https://doi.org/10.1093/botlinnean/boz086>

Zhang, J.-G., Geng, H., Zhang, Q., Bian, C., Chen, H., Jiang, D., & Xu, X. (2020). Global negative effects of nutrient enrichment on arbuscular mycorrhizal fungi, plant diversity and ecosystem multi-functionality. *The New Phytologist*, 225(1), 10–21. <https://doi.org/10.1111/nph.17077>