

RESSALVA

Atendendo solicitação do(a) autor(a), o texto completo deste documento será disponibilizado somente a partir de 02/12/2027.



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL (INTERUNIDADES)

Efeito do alagamento no metabolismo primário e alcaloidal em *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer e *Annona atemoya* Mabb.) 'Thompson' enxertada em *A. emarginata*

Stephane Catarine Rosa Kim

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 os Institutos de Biociências de Botucatu e Rio Claro.

BOTUCATU – SP

2024



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

**Efeito do alagamento no metabolismo primário e
alcaloidal em *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer
e *Annona atemoya* Mabb.) 'Thompson'
enxertada em *A. emarginata***

Stephane Catarine Rosa Kim

Orientadora: Prof^a Dr^a Gisela Ferreira

BOTUCATU – SP

2024



K49e Kim, Stephane
Efeito do alagamento no metabolismo primário e alcaloidal em *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer e *Annona atemoya* Mabb.) 'Thompson' enxertada em *A. emarginata* / Stephane Kim. -- Botucatu, 2025
63 p. : tabs.

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista (UNESP), Instituto de Biociências, Botucatu
Orientadora: Gisela Ferreira

1. Annonaceae. 2. fotossíntese. 3. metabólitos especializados. 4. porta-enxerto. 5. alagamento. I. Título.

ATA DA DEFESA PÚBLICA DA DISSERTAÇÃO DE MESTRADO DE STEPHANE CATARINE ROSA KIM, DISCENTE DO PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM BIOLOGIA VEGETAL, DO INSTITUTO DE BIOCÊNCIAS - CÂMPUS DE BOTUCATU.

Aos 02 de dezembro de 2025, às 9h, por meio de Videoconferência, realizou-se a defesa de DISSERTAÇÃO DE MESTRADO de STEPHANE CATARINE ROSA KIM, intitulada **Efeito do alagamento no metabolismo primário e alcaloidal em Annona emarginata (Schltdl.) H. Rainer e Annona atemoya Mabb.'Thompson' enxertada em A. emarginata**. A Comissão Examinadora foi constituída pelos seguintes membros: Profa. Dra. GISELA FERREIRA (Orientador(a) - Participação Virtual) do(a) Departamento de Biodiversidade e Bioestatística / Instituto de Biociências - Unesp Botucatu, Profa. Dra. MAGALI RIBEIRO DA SILVA (Participação Virtual) do(a) Ciência Florestal, Solos e Ambiente / Faculdade de Ciências Agrônômicas - Unesp Botucatu, Profa. Dra. CARMEN SILVIA FERNANDES BOARO (Participação Virtual) do(a) Biodiversidade e Bioestatística / Instituto de Biociências - Unesp Botucatu, Após a exposição pela mestranda e arguição pelos membros da Comissão Examinadora que participaram do ato, de forma presencial e/ou virtual, a discente recebeu o conceito final APROVADA. Nada mais havendo, foi lavrada a presente ata, que após lida e aprovada, foi assinada pelo(a) Presidente(a) da Comissão Examinadora.

Profa. Dra. GISELA FERREIRA



AGRADECIMENTOS

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pelo apoio financeiro concedido para a realização deste trabalho (Código de Financiamento 001 – Nº 88887.940605/2024-00).

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pelo apoio financeiro por meio da bolsa de produtividade da Profª Drª Gisela Ferreira, que contribuiu significativamente para o desenvolvimento deste estudo (Código de Financiamento 308728/2022-0).

À Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” (Unesp), Campus de Botucatu, e ao Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal (Interunidades), pela infraestrutura disponibilizada e pela oportunidade de formação acadêmica.

À Profª Drª Gisela Ferreira, pela orientação dedicada, pelos ensinamentos científicos, pela confiança e pela constante disponibilidade ao longo de todo o trabalho. Sua experiência e apoio foram essenciais para o desenvolvimento deste estudo.

Aos professores Prof. Dr. Marcos Gomes Nogueira e Profª Drª Magali Ribeiro da Silva, pela disponibilidade, paciência e auxílio ao longo da realização deste estudo. Suas contribuições foram fundamentais.

Ao Prof. Dr. Ivan De-La-Cruz-Chacón, pelos ensinamentos transmitidos nos cursos oferecidos, que foram essenciais para minha formação e contribuíram diretamente para o desenvolvimento deste trabalho.

Às professoras Profª Drª Carmen Sílvia Fernandes Boaro e Profª Drª Elizabeth Orika Ono, bem como à Mª Hariane Luiz Santos e ao Prof. Dr. Marcelo de Almeida Silva, pela disponibilidade em fornecer espaço e equipamentos indispensáveis para a realização das análises deste estudo.

Aos amigos dos Laboratórios de Germinação e de Crescimento e Fisiologia Vegetal – Unesp Botucatu, pelo auxílio nas coletas e nas atividades de bancada, pelas discussões científicas, pelas trocas de conhecimento e pelo companheirismo durante o desenvolvimento deste trabalho.



As professoras que compuseram as bancas de qualificação e defesa do mestrado, agradeço pelas contribuições valiosas que enriqueceram este trabalho.

À minha família, especialmente aos meus pais, Eunice Rosa do Nascimento Kim e Yung Hwoon Kim, por apoiarem minhas escolhas, pelo esforço incansável, pelo incentivo constante e por todo o suporte durante esta jornada.

Aos amigos de São Paulo e Botucatu, que se tornaram uma segunda família e me acolheram ao longo desses anos, deixo meu sincero agradecimento.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para que este trabalho se tornasse possível, registro aqui minha profunda gratidão. Este estudo é também fruto do apoio, da confiança e da dedicação de cada um de vocês.



Sumário

Resumo	5
Abstract.....	6
1. Introdução.....	7
2. Objetivo	9
Capítulo 1: Metabolismo primário e diversidade alcaloidal em <i>Annona emarginata</i> (Schldl.) H. Rainer e <i>Annona atemoya</i> Mabb. enxertada em <i>A. emarginata</i> submetidas ao alagamento.	10
Resumo	11
Abstract.....	12
4. Introdução.....	13
5. Material e Métodos.....	15
5.1. Caracterização do material vegetal e área experimental	15
5.2 Tratamentos e delineamento experimental.....	17
5.3 Manejo do teor de umidade do solo.....	18
5.4. Variáveis analisadas	19
5.4.1 Curva de luz.....	19
5.4.2 Trocas gasosas	21
5.4.3 Fluorescência da Clorofila <i>a</i>	22
5.4.4 Conteúdo relativo de água (CRA)	22
5.4.5 Qualidade da água	23
5.5 Avaliações bioquímicas.....	23
5.5.1 Peróxido de hidrogênio (H ₂ O ₂)	23
5.5.2 Peroxidação lipídica (MDA)	23
5.6 Avaliações destrutivas	23
5.6.1 Concentração e perfil de açúcares	23
5.6.2 Quantificação de alcaloides totais e perfil de alcaloides	24
5.6 Análise estatística	24
6. Resultados.....	24
7. Discussão	43
8. Conclusão	51
Referências	52

Resumo

A família Annonaceae Juss. é classificada como um grupo basal das Angiospermas (Magnoliídeas), destacando-se pela sua riqueza, abrangendo cerca de 106 gêneros e 2430 espécies. No Brasil, a família é ecologicamente vital em ecossistemas de florestas tropicais, com importantes centros de distribuição em diversos Estados. O gênero *Annona* tem particular relevância na bioprospecção devido à sua capacidade de produzir alcaloides, que são metabólitos especializados nitrogenados. Estes compostos despertam grande interesse farmacológico por suas atividades antitumoral, antimicrobiana e antifúngica. A bioprospecção busca tanto moléculas com potencial bioatividade, quanto espécies com maior tolerância a estresses bióticos e abióticos para serem utilizadas em áreas de recuperação ambiental e como porta-enxertos em cultivos comerciais. O metabolismo vegetal é profundamente influenciado pelas variações ambientais, que atuam como gatilhos para a defesa e tolerância. As mudanças climáticas globais, ao intensificarem chuvas extremas, aumentam significativamente o risco de alagamentos, uma ameaça que impacta processos fisiológicos e biológicos essenciais. O alagamento afeta o metabolismo primário drasticamente, induzindo hipoxia nas raízes, o que reduz o metabolismo energético em plantas não adaptadas a esta condição. Em resposta ao estresse hídrico, a planta ativa seu sistema de defesa. O alagamento modula a concentração de açúcares solúveis nas folhas, como sacarose e glicose, que funcionam como osmoprotetores e contribuem para a proteção celular. E ainda provoca estresse oxidativo, o que ativa o sistema antioxidante, incluindo enzimas para controlar o excesso de espécies reativas de oxigênio e mitigar danos às membranas celulares. O conhecimento da produção alcaloidal em resposta a estresses é valioso para defesa, ou na busca por porta-enxertos para espécies de valor comercial, como a atemoia, que é suscetível a patógenos e apresenta baixa tolerância ao estresse hídrico. Espécies compatíveis com a atemoia, como *A. emarginata* que produzem alcaloides importantes para a defesa vegetal, como a liriodenina, lanuginosina e xilopina, têm seu potencial reforçado para uso como porta-enxerto. Neste contexto, esta pesquisa traz como destaque o impacto do alagamento em *Annonas*, o que representa tema de interesse ainda não explorado no gênero. E, portanto, o objetivo geral da dissertação é integrar a compreensão de como o alagamento afeta processos fisiológicos aos mecanismos de defesa e quimiodiversidade em *Annona emarginata* e *A. atemoya*, o que permitirá ampliar as perspectivas de sistemas produtivos de *Annonas* enxertadas ou para bioprospecção.

Palavras-chave: Annonaceae, fotossíntese, metabólitos especializados, porta-enxerto, estresse, alagamento



Abstract

The Annonaceae Juss. family is classified as a basal group of Angiosperms (Magnoliids), notable for its richness, encompassing approximately 106 genera and 2430 species. In Brazil, the family is ecologically vital in tropical forest ecosystems, with important centers of distribution across various states. The genus *Annona* has particular relevance in bioprospecting due to its capacity to produce alkaloids, which are nitrogenated specialized metabolites. These compounds attract significant pharmacological interest for their antitumoral, antimicrobial, and antifungal activities. Bioprospecting seeks both molecules with potential bioactivity and species with greater tolerance to biotic and abiotic stresses to be used in environmental recovery areas and as rootstocks in commercial crops. Plant metabolism is profoundly influenced by environmental variations, which act as triggers for defense and adaptation. Global climate change, by intensifying extreme rainfall, significantly increases the risk of flooding, a threat that impacts essential physiological and biological processes. Flooding drastically affects primary metabolism, inducing root hypoxia, which reduces energy metabolism in plants not adapted to this condition. In response to water stress, the plant activates its defense system. Flooding modulates the concentration of soluble sugars in the leaves, such as sucrose and glucose, which function as osmoprotectants and contribute to cellular protection. It also causes oxidative stress, which activates the antioxidant system, including enzymes to control the excess of reactive oxygen species and mitigate damage to cell membranes. Knowledge regarding alkaloid production in response to stress is valuable, whether for defense and adaptation, or in the search for rootstocks for commercial species, such as atemoya, which is susceptible to pathogens and exhibits low tolerance to water stress. Species compatible with atemoya, such as *A. emarginata*, which produce alkaloids important for plant defense like liriodenine, lanuginosine, and xylopine, have their potential for use as rootstocks reinforced. In this context, this research highlights the impact of flooding on Annonas, which represents a topic of interest yet to be explored in the genus. Therefore, the general objective of the dissertation is to integrate the understanding of how flooding affects physiological processes with defense mechanisms and chemodiversity in *Annona emarginata* and *A. atemoya*, which will allow for broadening the perspectives of grafted *Annona* production systems or bioprospecting.

Keywords: Annonaceae, photosynthesis, specialized metabolites, rootstock, stress, and flooding.

1. Introdução

A família Annonaceae Juss. pertence ao clado das Magnoliídeas, um grupo basal das Angiospermas, com cerca de 106 gêneros e 2430 espécies (Chatrou et al., 2012). É considerada uma das famílias de plantas mais diversas em termos de riqueza de espécies e abundância de indivíduos. No Brasil, a família é representada por 31 gêneros, e cerca de 387 espécies, desempenhando um papel significativo na composição da vegetação brasileira. Os principais centros de distribuição da família estão no Distrito Federal e os Estados da Bahia, Espírito Santo, Goiás, Minas Gerais, Rio de Janeiro, São Paulo e Tocantins (Lobão et al., 2020; Maas et al., 2001). Elas desempenham um papel ecológico vital na manutenção da diversidade de espécies, particularmente em ecossistemas de florestas tropicais (COUVREUR et al., 2012).

O gênero *Annona* é reconhecido por apresentar frutos de importância comercial, como atemoia (*Annona atemoya*), fruta do conde (*A. squamosa*), graviola (*A. muricata*) e cherimóia (*A. cherimola*) (Lemos, 2014) e pela capacidade de produção de alcaloides, que são metabólitos especializados nitrogenados com grande interesse por suas diversas propriedades farmacológicas, incluindo atividades antitumoral, antimicrobiana e antifúngica (De-la-Cruz-Chacón et al., 2019; Peña-Hidalgo et al., 2021; Pinto et al., 2017; Prasad et al., 2020). Neste contexto a bioprospecção pode estar relacionada a moléculas de interesse farmacêutico, agrícola, cosmético, como também pode se relacionar a busca por espécies com maior tolerância a estresses bióticos e abióticos que possam ser empregadas como porta-enxerto para espécies comerciais (da Silva et al., 2024; Mantoan et al., 2016; Serag et al., 2023; Toledo-González et al., 2023).

Os metabólitos especializados são produzidos a partir da reação das plantas ao ambiente, como forma de defesa e tolerância. Desta forma, é importante estudar como as variações ambientais afetam este metabolismo, uma vez que as plantas na natureza enfrentam desafios relacionados a condições adversas, como o alagamento que ocorre devido ao aumento da temperatura global eleva a capacidade da atmosfera de reter vapor d'água, intensificando chuvas extremas e, conseqüentemente, o risco de alagamentos, especialmente em regiões úmidas (Alifu et al., 2022; S. Chen et al., 2023; Fowler et al., 2021). Projeções indicam que o risco de alagamentos pode aumentar até 187% globalmente até 2050, com centenas de milhões de pessoas e grandes áreas agrícolas expostas (Arnell & Gosling, 2016; J. Chen et al., 2023). As mudanças climáticas globais são vistas como uma ameaça significativa, uma vez que impactam processos fisiológicos e biológicos fundamentais, como fotossíntese, respiração, transpiração e atividade enzimática (Gao et al., 2020).

O metabolismo primário é significativamente afetado pelo alagamento, com redução acentuada nos parâmetros fisiológicos relacionados à fotossíntese e à troca gasosa. A taxa de assimilação líquida de CO₂ (A_{net}), a condutância estomática (g_s) e a transpiração (E) diminuem significativamente, refletindo restrição na entrada de CO₂ e comprometimento do balanço hídrico foliar (Honório et al., 2024; Núñez-Elisea, 1999; Ojeda et al., 2004). A hipoxia resultante da baixa disponibilidade de oxigênio nas raízes contribui para a redução do metabolismo energético (Honório et al., 2024; Voesenek & Bailey-Serres, 2015). Paralelamente, parâmetros da fluorescência como F_v'/F_m' , ETR, $\Phi PSII$ e qP sofrem decréscimos expressivos, indicando comprometimento da eficiência do PSII e da capacidade fotossintética das folhas sob alagamento (Fu et al., 2012; Honório et al., 2024; Núñez-Elisea, 1999)).

O alagamento pode induzir o aumento das concentrações de açúcares totais, açúcares redutores, sacarose, glicose e frutose nas folhas durante o estresse, em comparação com plantas mantidas em capacidade de campo ou em condições de seca (Honório et al., 2024). Deste modo, o acúmulo de açúcares solúveis pode atuar como osmoprotetor, contribuindo para a manutenção do balanço hídrico celular e a proteção das estruturas foliares. Essa resposta representa tanto uma estratégia de tolerância ao estresse quanto, dependendo da espécie e da intensidade do fator estressor, uma possível limitação metabólica (Honório et al., 2024; Živanović et al., 2020).

Outro efeito do alagamento está relacionado a formação de espécies reativas de oxigênio, provocando estresse oxidativo e ativando o sistema antioxidante das plantas, composto por enzimas como catalase, peroxidase e superóxido dismutase (Møller et al., 2007; Nahar et al., 2015). Estudos em *Annona crassiflora* demonstraram que o alagamento aumenta a atividade de catalase e peroxidase, sugerindo a ativação do sistema antioxidante para controlar o excesso de H₂O₂ (Honório et al., 2021). A peroxidação lipídica, avaliada pela concentração de malondialdeído (MDA), indica danos às membranas celulares, refletindo o impacto do estresse oxidativo (Teoh et al., 2022).

Em *Annonas* o conhecimento da capacidade de produção alcaloidal em respostas a estresses é de grande interesse na bioprospecção de moléculas de interesse, assim como na busca por porta-enxertos para espécies comerciais, como a atemoia. Esta espécie tem sido explorada nacional e internacionalmente devido a qualidade organoléptica e nutricional de seus frutos, além do valor comercial. No entanto, o cultivo apresenta limitações devido à baixa tolerância a patógenos e ao estresse hídrico, problemas que poderiam ser solucionados com o uso de porta-enxerto tolerante a estes fatores. Neste contexto, surge o interesse no estudo do



estresse hídrico, especificamente por alagamento, com mudas de atemoia enxertadas em *Annona emarginata*, uma vez que estas espécies apresentam características fisiológicas de compatibilidade (Baron et al., 2018a; Baron et al., 2018b; Ferreira et al., 2019).

Estudos anteriores têm demonstrado que *A. emarginata* originária de sementes produz alcaloides como lanuginosina, asimilobina, discretina e xilopina, é tolerante ao estresse por seca e é compatível para a enxertia com a atemoia (da Silva et al., 2024; Ovíle Mimi et al., 2021) No entanto, este é o primeiro estudo que busca compreender o efeito do alagamento em uma planta de atemoia enxertada em *A. emarginata*, a fim de compreender além da fotossíntese, como o alagamento afeta a produção de alcaloides neste tipo de muda. A pesquisa não apenas reforça o potencial de *Annona emarginata* como porta-enxerto para atemoia, mas também amplia as perspectivas de bioprospecção ao investigar possíveis mudanças no perfil e na concentração de alcaloides sob condições de estresse.

Dessa forma, a novidade desta dissertação é investigar como o alagamento afeta o metabolismo primário e especializado de plantas de *Annona*, empregando como modelo de estudo a *Annona emarginata*, que apresenta interesse para a bioprospecção e também para uso como porta-enxerto para *Annona atemoya* Mabb., segundo modelo de estudo. Os achados permitem integrar o entendimento de processos fisiológicos aos mecanismos de defesa e quimiodiversidade na exploração de moléculas de interesse, além de ampliar perspectivas de sistemas produtivos no que diz respeito à produção de plantas enxertadas de *Annonas*. Os resultados serão apresentados na forma de artigo científico.

Referências

- Abe, M., Yokota, K., Kurashima, A., & Maegawa, M. (2009). High water temperature tolerance in photosynthetic activity of *Zostera japonica* Ascherson & Graebner seedlings from Ago Bay, Mie Prefecture, central Japan. *Fisheries Science*, 75(5), 1117–1123. <https://doi.org/10.1007/s12562-009-0141-x>
- Ahmed, S., Nawata, E., Hosokawa, M., Domae, Y., & Sakuratani, T. (2002). Alterations in photosynthesis and some antioxidant enzymatic activities of mungbean subjected to waterlogging. *Plant Science*, 163(1), 117–123. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(02\)00080-8](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(02)00080-8)
- Alexieva, V., Sergiev, I., Mapelli, S., & Karanov, E. (2001). The effect of drought and ultraviolet radiation on growth and stress markers in pea and wheat. *Plant, Cell & Environment*, 24(12), 1337–1344. <https://doi.org/10.1046/j.1365-3040.2001.00778.x>
- Alifu, H., Hirabayashi, Y., Imada, Y., & Shiogama, H. (2022). Enhancement of river flooding due to global warming. *Scientific Reports*, 12(1), 20687. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-25182-6>
- Arnell, N. W., & Gosling, S. N. (2016). The impacts of climate change on river flood risk at the global scale. *Climatic Change*, 134(3), 387–401. <https://doi.org/10.1007/s10584-014-1084-5>
- Aslam, A., Mahmood, A., Ur-Rehman, H., Li, C., Liang, X., Shao, J., Negm, S., Moustafa, M., Aamer, M., & Hassan, M. U. (2023). Plant Adaptation to Flooding Stress under Changing Climate Conditions: Ongoing Breakthroughs and Future Challenges. *Plants*, 12(22), 3824. <https://doi.org/10.3390/PLANTS12223824>

- Bai, D., Li, Z., Gu, S., Li, Q., Sun, L., Qi, X., Fang, J., Zhong, Y., & Hu, C. (2022). Effects of Kiwifruit Rootstocks with Opposite Tolerance on Physiological Responses of Grafting Combinations under Waterlogging Stress. *Plants*, *11*(16), 2098. <https://doi.org/10.3390/plants11162098>
- Baron, D., Amaro, A. C. E., Campos, F. G., & Ferreira, G. (2018a). Leaf gas exchanges responses of atemoya scion grafted onto Annona rootstocks. *Theoretical and Experimental Plant Physiology*, *30*(3), 203–213. <https://doi.org/10.1007/s40626-018-0115-4>
- Baron, D., Amaro, A. C. E., Macedo, A. C., Dalanhol, S. J., Boaro, C. S. F., & Ferreira, G. (2018b). Grafting relations in atemoya (*Annona x atemoya* Mabb.) plants: Peroxidase and phenolic compounds. *Australian Journal of Crop Science*, *12*(9), 1447–1453. <https://doi.org/10.21475/ajcs.18.12.09.PNE1123>
- Baron, D., Esteves Amaro, A. C., Pina, A., & Ferreira, G. (2019). An overview of grafting re-establishment in woody fruit species. *Scientia Horticulturae*, *243*, 84–91. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.08.012>
- Bashar, K. K., Tareq, Md. Z., Amin, Md. R., Honi, U., Tahjib-Ul-Arif, Md., Sadat, Md. A., & Hossen, Q. Md. M. (2019). Phytohormone-Mediated Stomatal Response, Escape and Quiescence Strategies in Plants under Flooding Stress. *Agronomy*, *9*(2), 43. <https://doi.org/10.3390/agronomy9020043>
- Beegum, S., Truong, V., Bheemanahalli, R., Brand, D., Reddy, V., & Reddy, K. R. (2023). Developing functional relationships between waterlogging and cotton growth and physiology-towards waterlogging modeling. *Frontiers in Plant Science*, *14*, 1174682. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2023.1174682/FULL>
- Bhambhani, S., Kondhare, K. R., & Giri, A. P. (2021). Diversity in Chemical Structures and Biological Properties of Plant Alkaloids. *Molecules*, *26*(11), 3374. <https://doi.org/10.3390/molecules26113374>
- Campos, F. G., Vieira, M. A. R., Amaro, A. C. E., De La Cruz-Chacón, I., Marques, M. O. M., Ferreira, G., & Boaro, C. S. F. (2019). Nitrogen in the defense system of *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer. *PLOS ONE*, *14*(6), e0217930. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0217930>
- Caputo, H. P. (2019) *Mecânica dos solos e suas aplicações: fundamentos*. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC.

- Chatrou, L. W., Pirie, M. D., Erkens, R. H. J., Couvreur, T. L. P., Neubig, K. M., Abbott, J. R., Mols, J. B., Maas, J. W., Saunders, R. M. K., & Chase, M. W. (2012). A new subfamilial and tribal classification of the pantropical flowering plant family Annonaceae informed by molecular phylogenetics. *Botanical Journal of the Linnean Society*, *169*(1), 5–40. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2012.01235.x>
- Chen, J., Shi, X., Gu, L., Wu, G., Su, T., Wang, H.-M., Kim, J.-S., Zhang, L., & Xiong, L. (2023). Impacts of climate warming on global floods and their implication to current flood defense standards. *Journal of Hydrology*, *618*, 129236. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2023.129236>
- Chen, S., ten Tusscher, K. H. W. J., Sasidharan, R., Dekker, S. C., & de Boer, H. J. (2023). Parallels between drought and flooding: An integrated framework for plant eco-physiological responses to water stress. *Plant-Environment Interactions*, *4*(4), 175–187. <https://doi.org/10.1002/pei3.10117>
- Choi, B.-H., Bhusal, N., Jeong, W.-T., Park, I.-H., Han, S.-G., & Yoon, T.-M. (2020). Waterlogging tolerance in apple trees grafted on rootstocks from G, CG, and M series. *Horticulture, Environment, and Biotechnology*, *61*(4), 685–692. <https://doi.org/10.1007/s13580-020-00258-2>
- Coelho, C. C. R., Silva, J. N. da, Neves, M. G., Conceição, A. G. C. da, Silva, R. T. L. da, & Oliveira Neto, C. F. de. (2014). ASPECTOS ECOFISIOLÓGICOS E CRESCIMENTO EM PLANTAS DE MILHO SUBMETIDAS AO ALAGAMENTO. *Revista Agroecossistemas*, *5*(2), 41. <https://doi.org/10.18542/ragros.v5i2.1797>
- Couvreur, T. L. P., Maas, P. J. M., Meinke, S., Johnson, D. M., & Keßler, P. J. A. (2012). Keys to the genera of Annonaceae. *Botanical Journal of the Linnean Society*, *169*(1), 74–83. <https://doi.org/10.1111/j.1095-8339.2012.01230.x>
- Crane, J. H., Balerdi, C. F., & Maguire, I. (2006). Atemoya Growing in the Florida Home Landscape. *EDIS*, *2006*(18). <https://doi.org/10.32473/edis-mg332-2005>
- da Silva, G. C., Dutra, L. M., da Silva Almeida, J. R. G., da Silva, F. M. A., Harakava, R., Honório, A. B. M., de-la-Cruz-Chacón, I., Martínez-Vázquez, M., & Ferreira, G. (2024). Alkaloid screening of *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer rootstocks to increase fungal tolerance in *Annona atemoya* Mabb. crops revealed by MS and NMR chemical



profiling. *Industrial Crops and Products*, 212, 118335.
<https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2024.118335>

de la Cruz Chacón, I., & González-Esquinca, A. R. (2012). Liriodenine alkaloid in *Annona diversifolia* during early development. *Natural Product Research*, 26(1), 42–49.
<https://doi.org/10.1080/14786419.2010.533373>

de Lima, V. T., de Paula Quintão Scalon, S., Cardoso, C. A. L., Reis, L. C., & Kolb, R. M. (2023). Does flooding affect the survival and primary and secondary metabolism of two species of *Croton*? *Trees*, 37(4), 1081–1095. <https://doi.org/10.1007/s00468-023-02407-3>

De-la Cruz-Chacón, I., López-Fernández, N. Y., Riley-Saldaña, C. A., Castro-Moreno, M., & González-Esquinca, A. R. (2019). Antifungal activity in vitro of *Sapranthus microcarpus* (Annonaceae) against phytopathogens. *Actividad antifúngica . Acta Botánica Mexicana*, 1–9.

De-la-Cruz-Chacón, I., Riley-Saldaña, C. A., Arrollo-Gómez, S., Sancristóbal-Domínguez, T. J., Castro-Moreno, M., & González-Esquinca, A. R. (2019). Spatio-Temporal Variation of Alkaloids in *Annona purpurea* and the Associated Influence on Their Antifungal Activity. *Chemistry & Biodiversity*, 16(2). <https://doi.org/10.1002/cbdv.201800284>

dos Santos, J. M. C., de Oliveira Costa, J. F., da Silva, J. L., Lima, T. S., dos Santos, T. F., Assunção, I. P., & de Andrade Lima, G. S. (2024). *Colletotrichum* species associated with atemoya anthracnose in northeast Brazil. *Comunicata Scientiae*, 15(1), e4111–e4111.
<https://doi.org/10.14295/CS.V15.4111>

Eamus, D., & Shanahan, S. (2002). A rate equation model of stomatal responses to vapour pressure deficit and drought. *BMC Ecology*, 2(1), 8. <https://doi.org/10.1186/1472-6785-2-8>

Eisenach, C., & De Angeli, A. (2017). Ion Transport at the Vacuole during Stomatal Movements. *Plant Physiology*, 174(2), 520–530. <https://doi.org/10.1104/pp.17.00130>

Elsheery, N. I., & Cao, K.-F. (2008). Gas exchange, chlorophyll fluorescence, and osmotic adjustment in two mango cultivars under drought stress. *Acta Physiologiae Plantarum*, 30(6), 769–777. <https://doi.org/10.1007/s11738-008-0179-x>

Farquhar, G. D., von Caemmerer, S., & Berry, J. A. (1980). A biochemical model of photosynthetic CO₂ assimilation in leaves of C₃ species. *Planta*, 149(1), 78–90.
<https://doi.org/10.1007/BF00386231>

- Ferreira, G., De-La-Cruz-Chacón, I., Fernandes Boaro, C. S., Baron, D., & Pinto de Lemos, E. (2019a). Propagation of Annonaceous plants. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41(1). <https://doi.org/10.1590/0100-29452019500>
- Ferreira, G., De-La-Cruz-Chacón, I., Fernandes Boaro, C. S., Baron, D., & Pinto de Lemos, E. (2019b). Propagation of Annonaceous plants | Propagação de Anonáceas. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 41(1). <https://doi.org/10.1590/0100-29452019500>
- Firmino, A. C., Tozze Junior, H. J., Tamelini, B. R., Nosaki, D. N., & Furtado, E. L. (2014). Identificação de espécies de *Colletotrichum* associados à antracnose em plantas de atemóia e colonização do fungo nos frutos. *Summa Phytopathologica*, 40(4), 323–328. <https://doi.org/10.1590/0100-5405/1955>
- Fowler, H. J., Lenderink, G., Prein, A. F., Westra, S., Allan, R. P., Ban, N., Barbero, R., Berg, P., Blenkinsop, S., Do, H. X., Guerreiro, S., Haerter, J. O., Kendon, E. J., Lewis, E., Schaer, C., Sharma, A., Villarini, G., Wasko, C., & Zhang, X. (2021). Anthropogenic intensification of short-duration rainfall extremes. *Nature Reviews Earth & Environment*, 2(2), 107–122. <https://doi.org/10.1038/s43017-020-00128-6>
- Fu, X.-Y., Peng, S.-X., Yang, S., Chen, Y.-H., Zhang, J.-Y., Mo, W.-P., Zhu, J.-Y., Ye, Y.-X., & Huang, X.-M. (2012). Effects of flooding on grafted annona plants of different scion/rootstock combinations. *Agricultural Sciences*, 03(02), 249–256. <https://doi.org/10.4236/as.2012.32029>
- Gao, S., Wang, Y., Yu, S., Huang, Y., Liu, H., Chen, W., & He, X. (2020). Effects of drought stress on growth, physiology and secondary metabolites of Two Adonis species in Northeast China. *Scientia Horticulturae*, 259, 108795. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108795>
- Garcia, I. S., Souza, A., Barbedo, C. J., Dietrich, S. M. C., & Figueiredo-Ribeiro, R. C. L. (2006). Changes in soluble carbohydrates during storage of *Caesalpinia echinata* LAM. (Brazilwood) seeds, an endangered leguminous tree from the Brazilian Atlantic Forest. *Brazilian Journal of Biology*, 66(2b), 739–745. <https://doi.org/10.1590/S1519-69842006000400018>
- Gates, D. M. (1968). Transpiration and Leaf Temperature. *Annual Review of Plant Physiology*, 19(1), 211–238. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.19.060168.001235>



- Guidi, L., Lo Piccolo, E., & Landi, M. (2019). Chlorophyll Fluorescence, Photoinhibition and Abiotic Stress: Does it Make Any Difference the Fact to Be a C3 or C4 Species? *Frontiers in Plant Science*, *10*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00174>
- Guo, Z., Tan, H., Lv, Z., Ji, Q., Huang, Y., Liu, J., Chen, D., Diao, Y., Si, J., & Zhang, L. (2018). Targeted expression of *Vitreoscilla* hemoglobin improves the production of tropane alkaloids in *Hyoscyamus niger* hairy roots. *Scientific Reports*, *8*(1), 17969. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-36156-y>
- Han, C., Dong, J., Zhang, G., Zhu, Q., & Yu, F. (2025). Root Ethylene and Abscisic Acid Responses to Flooding Stress in *Styrax japonicus*: A Transcriptomic Perspective. *Plants*, *14*(12), 1870. <https://doi.org/10.3390/plants14121870>
- Hasanuzzaman, M., Bhuyan, M. H. M., Zulfiqar, F., Raza, A., Mohsin, S., Mahmud, J., Fujita, M., & Fotopoulos, V. (2020). Reactive Oxygen Species and Antioxidant Defense in Plants under Abiotic Stress: Revisiting the Crucial Role of a Universal Defense Regulator. *Antioxidants*, *9*(8), 681. <https://doi.org/10.3390/antiox9080681>
- Heath, R. L., & Packer, L. (1968). Photoperoxidation in isolated chloroplasts. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, *125*(1), 189–198. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1)
- Herrera, A. (2013). Responses to flooding of plant water relations and leaf gas exchange in tropical tolerant trees of a black-water wetland. *Frontiers in Plant Science*, *4*(MAY), 45373. <https://doi.org/10.3389/FPLS.2013.00106/BIBTEX>
- Honório, A. B. M., De-la-Cruz-Chacón, I., da Silva, G. C., Mimi, C. O., Campos, F. G., da Silva, M. R., Boaro, C. S. F., & Ferreira, G. (2024). Differential Tolerance of Primary Metabolism of *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer to Water Stress Modulates Alkaloid Production. *Horticulturae*, *10*(3), 220. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10030220>
- Honório, A. B. M., De-la-Cruz-Chacón, I., Martínez-Vázquez, M., da Silva, M. R., Campos, F. G., Martin, B. C., da Silva, G. C., Fernandes Boaro, C. S., & Ferreira, G. (2021). Impact of Drought and Flooding on Alkaloid Production in *Annona crassiflora* Mart. *Horticulturae*, *7*(10), 414. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7100414>

- Huang, W., Zhang, S.-B., & Liu, T. (2018). Moderate Photoinhibition of Photosystem II Significantly Affects Linear Electron Flow in the Shade-Demanding Plant *Panax notoginseng*. *Frontiers in Plant Science*, 9. <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.00637>
- Ikram, M., Batool, M., Ullah, M., Khalid, B., El-Badri, A. M., Mohamed, I. A. A., Zhang, L., Kuai, J., Xu, Z., Zhao, J., Wang, J., Wang, B., Zhou, G., & Rehman, H. U. (2025). Molecular Alchemy: Converting Stress into Resilience via Secondary Metabolites and Calcium Signaling in Rice. *Rice*, 18(1), 32. <https://doi.org/10.1186/s12284-025-00783-7>
- Ji, H. S., & Hyun, T. K. (2023). Physiological and sucrose metabolic responses to waterlogging stress in balloon flower (*Platycodon grandiflorus* (Jacq.) A. DC). *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 29(4), 591–600. <https://doi.org/10.1007/s12298-023-01310-y>
- Junqueira, N. T. V., & Junqueira, K. P. (2014). Principais doenças de Anonáceas no Brasil: descrição e controle. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(spe1), 55–64. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452014000500006>
- Kozłowski, T. T. (1997). Responses of woody plants to flooding and salinity. *Tree Physiology*, 17(7), 490–490. <https://doi.org/10.1093/treephys/17.7.490>
- Krause, G. H., & Weis, E. (1991). Chlorophyll Fluorescence and Photosynthesis: The Basics. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 42(1), 313–349. <https://doi.org/10.1146/annurev.pp.42.060191.001525>
- Kubota, S., Nishida, K., & Yoshida, S. (2025). Decrease in plant hydraulic conductance due to soil waterlogging suppresses the transpiration rate of *Glycine max* even during post-waterlogging reoxygenation. *Plant and Soil*, 511(1–2), 1049–1063. <https://doi.org/10.1007/s11104-024-07040-8>
- Lemos, E. E. P. de. (2014). A produção de anonáceas no Brasil. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 36(spe1), 77–85. <https://doi.org/10.1590/S0100-29452014000500009>
- Liu, Y., Zhou, Y., Liu, S., Liao, Y., Hu, T., & Yin, W. (2025). Responses of Rice Photosynthetic Carboxylation Capacity to Drought–Flood Abrupt Alternation: Implications for Yield and Water Use Efficiency. *Agronomy*, 15(11), 2573. <https://doi.org/10.3390/agronomy15112573>

- Lobão, A. Q., Lopes, J. C., Erkens, R. H. J., Mendes-Silva, I., Pontes Pires, A. F., Silva, L. V., Oliveira, M. L. B., Johnson, D., & Mello-Silva, R. (2020). *Annonaceae in Flora do Brasil*. Jardim Botânico Do Rio de Janeiro.
- Loreti, E., & Perata, P. (2020). The Many Facets of Hypoxia in Plants. *Plants 2020, Vol. 9, Page 745, 9(6), 745*. <https://doi.org/10.3390/PLANTS9060745>
- Lothier, J., Diab, H., Cukier, C., Limami, A. M., & Tcherkez, G. (2020). Metabolic Responses to Waterlogging Differ between Roots and Shoots and Reflect Phloem Transport Alteration in *Medicago truncatula*. *Plants, 9(10), 1373*. <https://doi.org/10.3390/plants9101373>
- Luan, H., Shen, H., Pan, Y., Guo, B., Lv, C., & Xu, R. (2018). Elucidating the hypoxic stress response in barley (*Hordeum vulgare* L.) during waterlogging: A proteomics approach. *Scientific Reports, 8(1), 9655*. <https://doi.org/10.1038/s41598-018-27726-1>
- Maas, P. J. M., de Kamer, H. M., Junikka, L., de Mello-Silva, R., & Rainer, H. (2001). Annonaceae from Central-eastern Brazil. *Rodriguésia, 52(80), 65–98*. <https://doi.org/10.1590/2175-78602001528005>
- Mantoan, L. P. B., Rolim de Almeida, L. F., Macedo, A. C., Ferreira, G., & Boaro, C. S. F. (2016). Photosynthetic adjustment after rehydration in *Annona emarginata*. *Acta Physiologiae Plantarum, 38(6), 157*. <https://doi.org/10.1007/s11738-016-2171-1>
- Martínez-Cuenca, M.-R., Primo-Capella, A., & Forner-Giner, M. Á. (2021). Screening of ‘King’ Mandarin Hybrids as Tolerant Citrus Rootstocks to Flooding Stress. *Horticulturae, 7(10), 388*. <https://doi.org/10.3390/horticulturae7100388>
- McGee, T., Shahid, M. A., Beckman, T. G., Chaparro, J. X., Schaffer, B., & Sarkhosh, A. (2021). Physiological and biochemical characterization of six *Prunus* rootstocks in response to flooding. *Environmental and Experimental Botany, 183, 104368*. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2020.104368>
- Mimi, C. O., De-la-Cruz-Chacón, I., da Silva, F. M. A., Roberto, V. C. R., & Ferreira, G. (2025). Effect of Auxins on the Accumulation of Alkaloids in Ungrafted *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer and *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer Grafted with *Annona atemoya* Mabb. *Molecules, 30(9), 2070*. <https://doi.org/10.3390/molecules30092070>

- Møller, I. M., Jensen, P. E., & Hansson, A. (2007). Oxidative Modifications to Cellular Components in Plants. *Annual Review of Plant Biology*, 58(1), 459–481. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.58.032806.103946>
- Morris, D. L. (1948). Quantitative Determination of Carbohydrates With Dreywood's Anthrone Reagent. *Science*, 107(2775), 254–255. <https://doi.org/10.1126/science.107.2775.254>
- Myhre, G., Alterskjær, K., Stjern, C. W., Hodnebrog, Ø., Marelle, L., Samset, B. H., Sillmann, J., Schaller, N., Fischer, E., Schulz, M., & Stohl, A. (2019). Frequency of extreme precipitation increases extensively with event rareness under global warming. *Scientific Reports*, 9(1), 16063. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-52277-4>
- Nahar, K., Hasanuzzaman, M., Alam, Md. M., & Fujita, M. (2015). Glutathione-induced drought stress tolerance in mung bean: coordinated roles of the antioxidant defence and methylglyoxal detoxification systems. *AoB Plants*, 7, plv069. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv069>
- Núñez-Elisea, R., Schaffer, B., Fisher, J. B., Colls, A. M., & Crane, J. H. (1999). Influence of Flooding on Net CO₂ Assimilation, Growth and Stem Anatomy of Annona Species. *Annals of Botany*, 84(6), 771–780. <https://doi.org/10.1006/ANBO.1999.0977>
- Ojeda, M., Schaffer, B., & Davies, F. S. (2004). Flooding, root temperature, physiology and growth of two Annona species. *Tree Physiology*, 24(9), 1019–1025. <https://doi.org/10.1093/treephys/24.9.1019>
- Olorunwa, O. J., Adhikari, B., Brazel, S., Popescu, S. C., Popescu, G. V., & Barickman, T. C. (2022). Short waterlogging events differently affect morphology and photosynthesis of two cucumber (*Cucumis sativus* L.) cultivars. *Frontiers in Plant Science*, 13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.896244>
- Ovile Mimi, C., De-la-Cruz-Chacón, I., Caixeta Sousa, M., Aparecida Ribeiro Vieira, M., Ortiz Mayo Marques, M., Ferreira, G., & Silvia Fernandes Boaro, C. (2021). Chemophenetics as a Tool for Distinguishing Morphotypes of *Annona emarginata* (Schltdl.) H. Rainer. *Chemistry & Biodiversity*, 18(10). <https://doi.org/10.1002/cbdv.202100544>
- Peña-Hidalgo, M., Furtado, L. C., Costa-Lotufo, L. V., Ferreira, M. J. P., & Santos, D. Y. A. C. (2021). Alkaloids from the Leaves of *Annona crassiflora* and Their Cytotoxic Activity. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, 31(2), 244–248. <https://doi.org/10.1007/s43450-021-00147-4>

- Pinto, N. de C. C., Campos, L. M., Evangelista, A. C. S., Lemos, A. S. O., Silva, T. P., Melo, R. C. N., de Lourenço, C. C., Salvador, M. J., Apolônio, A. C. M., Scio, E., & Fabri, R. L. (2017). Antimicrobial *Annona muricata* L. (soursop) extract targets the cell membranes of Gram-positive and Gram-negative bacteria. *Industrial Crops and Products*, *107*, 332–340. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.05.054>
- Prasad, S., Veeresh, P., Ramesh, P., Natraj, S., Madhunapantula, S., & Devegowda, D. (2020). Phytochemical fractions from *Annona muricata* seeds and fruit pulp inhibited the growth of breast cancer cells through cell cycle arrest at G₀/G₁ phase. *Journal of Cancer Research and Therapeutics*, *16*(6), 1235. https://doi.org/10.4103/jcrt.JCRT_494_19
- Rabelo, J. da S., & Bleicher, E. (2015). Controle de pulgão-preto em feijão-caupi com o uso de sementes de Annonaceae e a bioatividade das sementes em diferentes épocas de armazenamento. *AGROPECUÁRIA CIENTÍFICA NO SEMIÁRIDO*, *10*(4), 05–08. <https://doi.org/10.30969/ACSA.V10I4.603>
- Rama Devi, S., & Prasad, M. N. V. (1998). Copper toxicity in *Ceratophyllum demersum* L. (Coontail), a free floating macrophyte: Response of antioxidant enzymes and antioxidants. *Plant Science*, *138*(2), 157–165. [https://doi.org/10.1016/S0168-9452\(98\)00161-7](https://doi.org/10.1016/S0168-9452(98)00161-7)
- Sánchez-García, E. A., López-Rosas, H., Sosa, V. J., Lindig-Cisneros, R., & Moreno-Casasola, P. (2022). Effect of water level and salinity on the growth of *Annona glabra* L. seedlings. *Wetlands Ecology and Management*, *30*(3), 579–593. <https://doi.org/10.1007/s11273-022-09884-2>
- Santos, W. N. L. Dos, Sauthier, M. C. S., Cavalcante, D. D., Benevides, C. M. J., Dias, F. S., & Santos, D. C. M. B. (2016). Mineral composition, nutritional properties, total phenolics and flavonoids compounds of the atemoya fruit (*Annona squamosa* L. x *Annona cherimola* Mill.) and evaluation using multivariate analysis techniques. *Anais Da Academia Brasileira de Ciências*, *88*(3), 1243–1252. <https://doi.org/10.1590/0001-3765201620150537>
- Schreiber, J.; Bilger, W.; Hormann, H.; Neubauer, C. Chlorophyll fluorescence as a diagnostic tool: basics and some aspects of practical relevance. RAGHAVENDRA, A. S. (Ed.). *Photosynthesis: a comprehensive treatise*. Cambridge: University Press, 1998. p. 320–336. ISBN: 9780521582636.



- Secomandi, E., De Gregorio, M. A., Garcia-Perez, P., Vaccari, F., Puglisi, E., & Lucini, L. (2025). Waterlogging alone and combined with other abiotic stresses provides unique metabolic signatures at the plant-rhizosphere interface: A multi-omics perspective on root metabolome, root exudation and rhizomicrobiome. *Plant Physiology and Biochemistry*, 221, 109646. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2025.109646>
- Serag, A., Salem, M. A., Gong, S., Wu, J.-L., & Farag, M. A. (2023). Decoding Metabolic Reprogramming in Plants under Pathogen Attacks, a Comprehensive Review of Emerging Metabolomics Technologies to Maximize Their Applications. *Metabolites*, 13(3), 424. <https://doi.org/10.3390/metabo13030424>
- Smart, R. E., & Bingham, G. E. (1974). Rapid Estimates of Relative Water Content. *Plant Physiology*, 53(2), 258–260. <https://doi.org/10.1104/pp.53.2.258>
- Stott, P. (2016). How climate change affects extreme weather events. *Science*, 352(6293), 1517–1518. <https://doi.org/10.1126/science.aaf7271>
- Surendar, K. K., Devi, D. D., Ravi, I., Jeyakumar, P., & Velayudham, K. (2013). Effect of Water Stress on Leaf Temperature, Transpiration Rate, Stomatal Diffusive Resistance and Yield of Banana. *Plant Gene and Trait*. <https://doi.org/10.5376/pgt.2013.04.0008>
- Teoh, E. Y., Teo, C. H., Baharum, N. A., Pua, T.-L., & Tan, B. C. (2022). Waterlogging Stress Induces Antioxidant Defense Responses, Aerenchyma Formation and Alters Metabolisms of Banana Plants. *Plants*, 11(15), 2052. <https://doi.org/10.3390/plants11152052>
- Todorova, D., Aleksandrov, V., Anev, S., & Sergiev, I. (2022). Photosynthesis Alterations in Wheat Plants Induced by Herbicide, Soil Drought or Flooding. *Agronomy*, 12(2), 390. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020390>
- Toledo-González, K. A., Riley-Saldaña, C. A., Salas-Lizana, R., De-la-Cruz-Chacón, I., & González-Esquinca, A. R. (2023). Alkaloidal variation in seedlings of *Annona purpurea* Moc. & Sessé ex Dunal infected with *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.) Penz. and Sacc. *Biochemical Systematics and Ecology*, 107, 104611. <https://doi.org/10.1016/j.bse.2023.104611>
- Voesenek, L. A. C. J., & Bailey-Serres, J. (2015). Flood adaptive traits and processes: an overview. *New Phytologist*, 206(1), 57–73. <https://doi.org/10.1111/nph.13209>

- Wang, Z., Li, G., Sun, H., Ma, L., Guo, Y., Zhao, Z., Gao, H., & Mei, L. (2018). Effects of drought stress on photosynthesis and photosynthetic electron transport chain in young apple tree leaves. *Biology Open*. <https://doi.org/10.1242/bio.035279>
- Wilhelm, C., & Selmar, D. (2011). Energy dissipation is an essential mechanism to sustain the viability of plants: The physiological limits of improved photosynthesis. *Journal of Plant Physiology*, *168*(2), 79–87. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2010.07.012>
- Yasin, S., Zavala-García, F., Niño-Medina, G., Rodríguez-Salinas, P. A., Gutiérrez-Diez, A., Sinagawa-García, S. R., & Lugo-Cruz, E. (2024). Morphological and Physiological Response of Maize (*Zea mays* L.) to Drought Stress during Reproductive Stage. *Agronomy*, *14*(8), 1718. <https://doi.org/10.3390/agronomy14081718>
- Yordanova, R. Y., Uzunova, A. N., & Popova, L. P. (2005). Effects of short-term soil flooding on stomata behaviour and leaf gas exchange in barley plants. *Biologia Plantarum*, *49*(2), 317–319. <https://doi.org/10.1007/S10535-005-7319-6/METRICS>
- Zeng, R., Chen, T., Wang, X., Cao, J., Li, X., Xu, X., Chen, L., Xia, Q., Dong, Y., Huang, L., Wang, L., Zhang, J., & Zhang, L. (2021). Physiological and Expressional Regulation on Photosynthesis, Starch and Sucrose Metabolism Response to Waterlogging Stress in Peanut. *Frontiers in Plant Science*, *12*. <https://doi.org/10.3389/fpls.2021.601771>
- Zhao, Y., Zhang, W., Abou-Elwafa, S. F., Shabala, S., & Xu, L. (2021). Understanding a Mechanistic Basis of ABA Involvement in Plant Adaptation to Soil Flooding: The Current Standing. *Plants* 2021, Vol. 10, Page 1982, *10*(10), 1982. <https://doi.org/10.3390/PLANTS10101982>
- Živanović, B., Milić Komić, S., Tosti, T., Vidović, M., Prokić, L., & Veljović Jovanović, S. (2020). Leaf Soluble Sugars and Free Amino Acids as Important Components of Abscisic Acid—Mediated Drought Response in Tomato. *Plants*, *9*(9), 1147. <https://doi.org/10.3390/plants9091147>