

VICENTE PATARAICO JUNIOR

**PRODUÇÃO, BIOQUÍMICA E ECOFISIOLOGIA DE
PLANTAS HÍBRIDAS DE TOMATE CULTIVADO
EM DIFERENTES AMBIENTES NO ECÓTONO
CERRADO AMAZÔNIA**

Dissertação de Mestrado

ALTA FLORESTA-MT

2021

VICENTE PATARAICO JUNIOR	Diss. MESTRADO	PPG BioAgro	ANO



**UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
FACULDADE DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS E
AGRÁRIAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM
BIODIVERSIDADE E AGROECOSSISTEMAS
AMAZÔNICOS**



VICENTE PATARAICO JUNIOR

**PRODUÇÃO, BIOQUÍMICA E ECOFISIOLOGIA DE
PLANTAS HÍBRIDAS DE TOMATE CULTIVADO
EM DIFERENTES AMBIENTES NO ECÓTONO
CERRADO AMAZÔNIA**

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Orientador (a): Prof.(a) Dr.(a) Santino Seabra Junior
Coorientadora: Prof.(a) Dr.(a) Ivone Vieira da Silva
Coorientador: Prof.(a) Dr.(a) Flavio Fernandes Junior

ALTA FLORESTA-MT

2021

NÃO AUTORIZO A DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE
TRABALHO, POR QUALQUER MEIO, CONVENCIONAL OU
ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, MESMO
QUE CITADA A FONTE.

Catálogo na publicação

Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias

B415s Pataráico, Vicente Junior
Produção, bioquímica e Ecofisiologia de plantas híbridas de tomate cultivado em diferentes ambientes no ecótono Cerrado Amazônia / Vicente Pataráico Junior.– Alta Floresta-MT, 2021.
132 f. : il.

Dissertação (Mestrado em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos. Área de Concentração: Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos) – Universidade do Estado de Mato Grosso, Faculdade de Ciências Biológicas e Agrárias.

Orientação: Dr. Santino Seabra Junior.

Coorientação: Dra. Ivone Vieira da Silva.

Coorientação: Dr. Flávio Fernandes Junior.

1. *Solanum lycopersicum* (L.). Cultivo Protegido.
2. Horticultura Tropical. 3. Alta Temperatura (ABA). I. Título.

CDD 876 956

PRODUÇÃO, BIOQUÍMICA E ECOFISIOLOGIA DE PLANTAS HÍBRIDAS DE TOMATE CULTIVADO EM DIFERENTES AMBIENTES NO ECÓTONO CERRADO AMAZÔNIA

Dissertação apresentada à Universidade do Estado de Mato Grosso, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos, para a obtenção do título de Mestre em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos.

Aprovada em: / /

Prof. Dr. Santino Seabra Junior
Orientador – UNEMAT/ PPGBioAgro

Prof. Dr. Marco Antonio Camillo de Carvalho
UNEMAT

Prof. Dr. Marcio Rogia Zanuzzo
UFMT

Prof. Dra. Mônica Bartira da Silva
UNIBRAS/MT

Prof. Dra. Silvia de Carvalho Campos Botelho
EMBRAPA/AGROSSILVIPASTORIL

DEDICATÓRIA

Dedico esse trabalho, a minha mãe Maria de Lourdes Gomes da Silva Pataráico (*in memoriam*) pela vida a min concedida, pelo amor e carinho empenhado na minha educação e parceria que sempre estive com ela, ao meu pai Vicente Pataráico (*in memoriam*) ao qual não fui criado por ele, mas sempre mantive respeito, carinho e uma vontade enorme de conhecê-lo, e a realizei quando tinha 27 anos; esse foi um dos dias mais importantes da minha vida.

Dedico esse trabalho a todas as pessoas que colaboraram para minha formação.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Eng. Agrônomo, Prof^o. Dr. Santino Seabra Junior, a minha Coorientadora professora Dr^a Ivone Vieira da Silva, Prof^o. Eng. Agrônomo Dr. Marcio Rogia Zanuzzo e meu agradecimento especial ao coorientador Eng. Agrônomo, Prof^o Dr Flávio Fernandes Junior sempre presente, apoiando, orientando o desenvolvimento da pesquisa ao longo dessa jornada, contribuindo para o meu desenvolvimento pessoal e intelectual.

Agradeço a Universidade do Estado de Mato Grosso - UNEMAT, Campus Alta Floresta-MT e ao Programa de Pós-Graduação em Biodiversidade e Agroecossistemas Amazônicos - PPGBioAgro pela oportunidade de cursar o mestrado e contribuir para o meu crescimento profissional e pessoal.

À Embrapa Agrossilvipastoril pelo apoio técnico e científico na execução do projeto e todos os seus colaboradores.

À FAPEMAT (Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso) pelo apoio financeiro (Projeto nº 0588913/2016).

À CAPES (Comissão de aperfeiçoamento de pessoal de nível superior) pela concessão da bolsa de estudo durante a execução do trabalho.

A todos os professores e colegas do mestrado turma de 2019, onde compartilhamos conhecimentos, aprendizados e passamos sufoco juntos.

A minha esposa Roseli Anjo Pereira Pataráico, aos meus filhos José Eduardo Anjo Pataráico, Maria Eduarda Anjo Pataráico e Maria Eloiza Anjo Pereira Pataráico, que me apoiaram e por um longo período ficaram sem a minha companhia devido ao período em que fiquei em outra cidade para a execução do experimento de mestrado.

A minha irmã Vicéia Pataráico, que sempre me ajudou e é uma grande guerreira.

Em especial aos amigos Darley Tiago Antunes, trabalhou lado a lado no experimento na EMBRAPA e Maria Shirlyane Pereira do Nascimento que ajudou nos experimentos de laboratório.

Telma Elaine Shuster, Odair de Souza Fagundes, Vera Pegorini Rocha Virgíliá Pegorini Rocha, Edvagner de Oliveira, Andreia Anjo Pereira, Eduardo José Freire, José Alesando Rodrigues, Simone Cesário e o Esposo Vilmar, Walter Henrique Pereira e esposa Raissa Corsato, Neilor Noetzold Ribas, Diego Cardoso Berardinelli Monteiro, Cledir Marcio Schuck, Felipe Nascimento de Souza Leão, Marcelo Moura Franco, Bruno Rafael da Silva, Silvia de Carvalho Campos Botelho, Joyce Mendes Andrade Pinto e Mônica Bartira da Silva são pessoas que merecem meu agradecimento especial, pois deram sua contribuição no momento mais oportuno.

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	vii
RESUMO.....	vix
ABSTRACT.....	x
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	12
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	17
5. CONCLUSÕES.....	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30
7. ANEXO.....	33

LISTA DE TABELAS

PÁGINA

Tabela 1. Análises físico-químicas do solo da área experimental

(P).....13

Tabela 2 Análises de taxas de assimilação líquida de CO₂ ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (A), taxa de transpiração foliar ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (E), concentração interna de CO₂ na câmara subestomática ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) (C_i), condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (G_s) e luz incidente P.A.R. ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (Q leaf) de híbridos de tomateiro cultivados em dois ambientes protegidos (Amb.) com cobertura de filme agrícola (FA), policarbonato (P) e no Campo aberto (CA).

(P).....20

Tabela 3. Produtividade – Prod. (t ha^{-1}), produção total – MT (kg planta^{-1}), comercial - MC (kg planta^{-1}), número total de frutos - NFT (n^0), número de frutos comercializáveis – NFC (n^0) de frutos de híbridos de tomateiro cultivados em dois ambientes protegidos (Amb.) com cobertura de filme agrícola (FA), Policarbonato (P) e no Campo aberto (CA).

(P).....22

Tabela 4. Coloração de frutos, representados por croma (C*), L*, ângulo de hue (h°), a* e b* de frutos de híbridos de tomateiro cultivados em dois ambientes protegidos (Amb.) com cobertura de filme agrícola (FA), Policarbonato (P) e no Campo aberto (CA).

(P).....24

Tabela 5. Atributos médios de qualidade de frutos: Licopeno – Lic ($\text{mg}/100\text{g}$) e β -caroteno - β -car ($\text{mg}/100\text{g}$), Firmeza de polpa - FP (N), teor de sólidos solúveis - SS (°Brix), acidez titulável - AT (%) e índice de maturação – IM (SS/TA) de frutos de híbridos de tomateiro cultivados em diferentes ambientes com cobertura de filme agrícola (FA), Policarbonato (P) e no Campo aberto (CA).

(P).....25

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Precipitação pluviométrica durante o cultivo do tomateiro a campo aberto, de 12 de dezembro de 2019 a 17 de abril de 2021.....19

Figura 2. Variáveis climatológicas: radiação Global ($W m^{-2}$) (A), radiação PAR ($micromol s^{-1} m^{-2}$) (B), temperatura média ($^{\circ}C$) (A), umidade relativa - UR (%) (B), e temperatura média em função das horas do dia (E) no cultivo de tomateiros em dois ambientes protegidos com cobertura de filme agrícola (FA), Policarbonato (P) e no Campo (CA).($p<0,05$).....20

RESUMO

PATARAICO, Vicente Junior. M.Sc. Universidade do Estado de Mato Grosso, setembro de 2021.

PRODUÇÃO, BIOQUÍMICA E ECOFISIOLOGIA DE PLANTAS HÍBRIDAS DE TOMATE CULTIVADO EM DIFERENTES AMBIENTES NO ECÓTONO CERRADO AMAZÔNIA.

Orientador: Dr. Santino Seabra Junior. Coorientadora: Dra. Ivone Vieira da Silva. Coorientador: Dr. Flávio Fernandes Junior.

RESUMO: A utilização de sistemas de cultivo protegido para o tomateiro tem corroborado para a viabilidade agrônômica do cultivo. Porém as coberturas plásticas e/ou policarbonato podem trazer uma dinâmica diferente quanto a produção e qualidade de frutos em regiões de clima tropical úmido. O presente estudo teve como objetivo identificar os híbridos de tomateiro de crescimento determinado do grupo salada produzidos sob ambientes cobertos com filme agrícola e policarbonato e ambiente não protegido, avaliando o melhor desempenho da cultura e qualidade de frutos no cultivo de verão no município de Sinop-MT, localizado na região de transição Cerrado-Amazônia. Os híbridos de tomate tipo salada 'Thaise', 'Trucker' e 'DS0060' foram cultivados em ambiente protegido coberto com filme agrícola (FA), e ambiente protegido coberto com policarbonato (P) e em condições de campo (CA). O ambiente protegido viabilizou o cultivo, proporcionando um aumento de produção de 62 a 71 %, quando comparado ao CA. O CA proporcionou redução da maioria dos atributos de qualidade de frutos. Entre os ambientes protegidos, sugere-se o uso do policarbonato, uma vez que este atingiu valores de 403,3 e 742,6 micromol/s¹/m² o que proporcionou alta produtividade para o 'Thaise' (92,6 t ha⁻¹) e 'Trucker' (88,2 t ha⁻¹) devido a redução da radiação global e PAR. Quanto aos atributos de qualidade de frutos em relação aos tipos de cobertura, verificou-se que ambos apresentaram resultados satisfatórios. Porém, o policarbonato favoreceu os atributos de cor de fruto e o filme agrícola favoreceu a maior firmeza de frutos no 'Trucker', e maior teor de licopeno e β-caroteno nos híbridos 'Thaise' e 'Trucker'.

PALAVRAS CHAVES: *Solanum lycopersicum* L.; Cultivo protegido; Horticultura tropical, Radiação global e PAR, Alta temperatura.

PATARAICO, Vicente Junior. M.Sc. Universidade do Estado de Mato Grosso, setembro de 2021. PRODUÇÃO, BIOQUÍMICA E ECOFISIOLOGIA DE PLANTAS HÍBRIDAS DE TOMATE CULTIVADO EM DIFERENTES AMBIENTES NO ECÓTONO CERRADO AMAZÔNIA. Orientador: Dr. Santino Seabra Junior. Coorientadora: Dra. Ivone Vieira da Silva. Coorientador: Dr. Flávio Fernandes Junior.

ABSTRACT:

The use of protected cropping systems for tomato has supported the agronomic viability of tomato crop. However, the adoption of plastic and/or polycarbonate coverings can bring a different dynamic regarding the production and quality of fruits in regions with humid tropical climate. The present study aimed to identify hybrids of determined growth of tomatoes of the salad group produced under environments covered with agricultural film and polycarbonate and open field, evaluating the best performance of the crop and fruit quality in summer season in the municipality of Sinop- MT, located in the region of Cerrado-Amazon transition. 'Thaise', 'Trucker' and 'DS0060' salad tomatoes hybrids were cultivated in a protected environment covered with agricultural film (FA), and a protected environment covered with polycarbonate (P) and under field conditions (CA). The protected environment became crop cultivation viable, providing an increase in production ranging of 62 to 71 %, when compared to CA. CA environmental conditions showed reduction in most fruit quality attributes. Among the protected environments, the use of polycarbonate (P) is suggested by reducing Global and PAR radiation values of 403.3 and 742.6 micromol/s¹/m² respectively corroborating with high productivity for 'Thaise' (92.6 t ha⁻¹) and 'Trucker' (88.2 t ha⁻¹) due to reduction in global and PAR radiation. In both environments covers (P) and FA presented satisfactory results. However, polycarbonate enhanced fruit color attributes and the agricultural film favored greater fruit firmness in 'Trucker', and higher lycopene and β-carotene content in 'Thaise' and 'Trucker' hybrids.

KEY WORDS: *Solanum lycopersicum* L.; Environment protected; Tropical horticulture; Global and active radiation, High temperature;

1. INTRODUÇÃO

O tomate (*Solanum lycopersicum* L.) é a hortaliça fruto de maior demanda de consumo no Brasil e no mundo. Em 2019 a produção mundial foi de 181 milhões de toneladas em cinco milhões de hectares, sendo o Brasil o nono maior produtor mundial, produzindo 3,6 milhões de toneladas em 54,5 mil hectares (FAOFAST, 2021). A alta demanda de frutos está relacionada a sua palatabilidade, versatilidade de uso na culinária e devido aos altos teores de nutrientes e micronutrientes, principalmente os com propriedades funcionais como vitaminas C, licopeno e β -caroteno (ALI et al., 2021).

O cultivo do tomateiro em regiões tropicais a campo varia consideravelmente devido à pressão de pragas e patógenos que podem limitar a produtividade, causando perdas severas de produção, sendo que pode-se obter até 75% de plantas atacadas no início da colheita, acometidas por murchas bacterianas e viroses (HUAT, DORÉ, AUBRY, 2013). Desta forma, a cultura se caracteriza como uma atividade de alto risco em regiões tropicais por demandar elevados investimentos devido sua necessidade de insumos e serviços.

O cultivo protegido possibilita o cultivo de espécies em condições climáticas adversas para a cultura e reduz a incidência de doenças (BAZGAOU et al., 2018), uma vez que reduz a exposição das plantas a altas pluviosidades e viabiliza a produção ao longo do ano, favorecendo a oferta de produto na entressafra, possibilitando redução da sazonalidade e aumento da oferta do produto ao mercado consumidor.

O cultivo sob ambiente protegido coberto com filme agrícola é utilizado para aumentar o rendimento das culturas na horticultura, sendo que os parâmetros de luminosidade são fatores que influenciam no rendimento da cultura (SUBIN et al., 2020). O material de cobertura do ambiente deve ser selecionado levando-se em consideração os níveis de radiação global e a PAR incidente, visando garantir maior desempenho das plantas. Nesse contexto o uso do policarbonato pode ser considerado uma alternativa para cobertura de estufas, devido sua alta transmitância de luz em combinação com proteção UV, peso leve e maior durabilidade (KWON et al., 2017).

Porém, poucos estudos são realizados avaliando coberturas em regiões tropicais, existindo muitas dúvidas a serem elucidadas pela pesquisa, necessitando de informações sobre quais materiais de cobertura de cultivo protegido que possibilitam condições de cultivo mais favoráveis para serem utilizados nestas regiões e que, conseqüentemente proporcionam maior produtividade e qualidade de frutos de tomateiro.

O emprego de estruturas cobertas com filme agrícola tem a capacidade de influenciar no crescimento, desenvolvimento e produção das plantas, devido à modificação de algumas variáveis meteorológicas, alterando a radiação global e a PAR, a umidade e a temperatura do ar

(BECKMANN et al., 2006). Entretanto, o cultivo protegido em determinadas regiões tropicais pode elevar a temperatura do ar em 10 a 12° C, quando comparado com o ambiente externo, podendo gerar problemas de ordem fisiológica na cultura (BAZGAOU et al., 2018). As altas temperaturas são limitantes para o cultivo do tomateiro, provocando estresse e conseqüentemente, causando queda de flores e frutos, rachaduras no fruto, fundo preto, redução da síntese de licopeno, tornando os frutos amarelados e redução da produção de frutos comercializáveis. Porém, esse estresse pode proporcionar frutos com maior teor de sólidos solúveis e vitamina C (BACALLAO; GIL, 2015; TILAHUN et al., 2017).

Para produzir em condições de altas temperaturas, é necessário o cultivo de híbridos que apresentem termotolerância, e apresentem alto desempenho produtivo e frutos de alta qualidade, mesmo em condições de estresse abiótico, proporcionando alto rendimento produtivo (SCARANO et al., 2020). A oferta de híbridos adaptados a condições de calor, possibilita realizar avaliações desses em diferentes ambientes de cultivo, possibilitando a identificação de materiais de alta performance, mais produtivos, precoces, com frutos de maior firmeza proporcionando maior durabilidade pós-colheita, alta qualidade comercial e nutricional, contribuindo na tomada de decisão do produtor ao escolher a cultivar mais adequada para cada ambiente de cultivo no cultivo de verão amazônico.

Portanto, o objetivo deste estudo foi identificar os híbridos de tomateiro de crescimento determinado do grupo salada produzidos sob ambientes cobertos com filme agrícola e policarbonato e ambiente não protegido, avaliando o melhor desempenho da cultura e qualidade de frutos no cultivo de verão no município de Sinop-MT, localizado na região de transição Cerrado-Amazônia.

MATERIAL E MÉTODOS

Tratamentos e delineamento experimental

Três híbridos de tomateiro de crescimento determinado de frutos tipo salada ['BSDS0060', 'Thaíse' (Feltrin) e 'Trucker' (Bluseeds)], foram cultivados em três ambientes; dois protegidos, com coberturas de filme agrícola (FA) e policarbonato (P) e um ambiente sem proteção (campo aberto-CA). O delineamento foi arranjado em cinco blocos inteiramente casualizados (DBC), dispostos em esquema fatorial 3 x 3, totalizando 45 parcelas com sete plantas cada.

Todos os híbridos de tomateiro cultivados são comerciais e descritos como: 'Thaíse' é um híbrido F1, que possui planta vigorosa, vigor médio, fruto de coloração vermelho brilhante com excelente padrão para o mercado e pós colheita, seja, pelo sabor ou uniformidade dos frutos, apresenta peso médio 230 g, tolerante a 'tomato yellow leaf curl virus' (TYLCV), 'tomato mosaic virus' (ToMV), '*Verticillium dahliae* Kleb.' (V), *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* (FOL) raça 3,

'*Verticillium*' (V) e nematoide de galhas (N); 'BS DS0060', ciclo tardio, frutos firmes e alta resistência à 'rachadura', peso médio de fruto de 220 a 260g, tolerante a '*tomato spotted wilt virus* (TSWV), 'ToMV', 'TYLCV', FOL raça 1 e 2 e V raça 1. 'Trucker', é um híbrido F1, possui planta vigorosa, com excelente cobertura foliar, apresenta peso médio 240 g, e tolerância a TYLCV, TSWV, FOL, V e N.

Os ambientes protegidos, eram do tipo capela, com dimensões de 6,4m x 20,0m, com pé direito de 3,5 m e com altura central de 4,8 m sentido norte/sul. O fechamento lateral foi realizado com tela termorefletora Aluminet® com 30 % de sombreamento. Porém, diferenciaram quanto ao material de cobertura, sendo um coberto com filme agrícola (FA) e outro com Policarbonato (P).

A cobertura com filme agrícola (FA) marca Nortene, caracterizou-se por baixa densidade, transparente, aditivados com proteção anti UV-A e UV-B, de 150 micras, com 90% de transmissão e 25% de difusão de luz. Já, a cobertura de policarbonato (P), utilizou placas modelo Daulux 10 Cristal, marca Polysistem, transparentes, aditivadas com proteção anti UV-A e UV-B, com 10 mm de espessura e alveolares de dupla camada.

Instalação e cultivo das plantas de tomateiro

O estudo foi realizado no verão, entre novembro de 2019 e abril de 2020, em Sinop, Mato Grosso, Brasil (latitude 11° 52' 12" S, longitude 55° 35' 54" O e altitude 364 m). A região está situada na transição entre os biomas Cerrado e Amazônia, classificada como tropical (Aw) de acordo com Köppen, possui temperatura média de 25,4°C e atingindo temperatura máxima de 34°C. A precipitação pluviométrica anual é de 1801 mm, com período chuvoso de outubro a abril.

As mudas de tomateiro foram produzidas em bandeja de poliestireno, com 162 células, contendo 31 mL do substrato comercial por célula, marca Vivato®, crescidas em casa de vegetação climatizada. O transplante das mudas foi realizado aos 29 dias após a semeadura (DAS) em sulcos espaçados com 1,25 m entre si e entre plantas foi utilizado o espaçamento de 0,35m, totalizando uma população de 22.000 plantas ha⁻¹. As plantas foram tutoradas no método "Florida weave", com estrutura produzida com mourões de madeira com 1,3 m de altura e fitilhos inseridos horizontalmente a cada 0,4 m para sustentação das plantas.

O solo do local é classificado como, Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico, apresentava as seguintes características químicas na camada de 0,0 a 0,2 m de profundidade apresentadas na Tabela 01.

Tabela 1. Análises físico-químicas do solo da área experimental.

pH água	pH CaCl ₂	P mg dm ³	K mg dm ³	Ca+Mg	Ca cmol c. dm ³	Mg cmol c. dm ³	Al cmol c. dm ³	H cmol c. dm ³	MO g dm ³	Areia g/kg	Silte g/kg
5,1	4,3	0,9	37	1,0	0,8	0,2	0,5	3,9	20,0	283	133

Argila g/Kg	Soma de Bases	CTC	V%	Relação Ca/Mg	Relação Ca/K	Relação Mg/K	Saturação Ca	Satur. Mg	Satur. Al	Satur. K	Satur. H
584	1,1	5,4	20,1	3,2	8,3	2,6	14,7	4,6	30,2	1,8	71,2

Foram aplicados para fins de correção de acidez 3,0 t ha⁻¹ calcário dolomítico com PRNT 90%. Para a adubação de base foram usados 3,4 t ha⁻¹ de superfosfato simples e 30 t ha⁻¹ de esterco de curral em área total com incorporação a 0,2 m de profundidade com auxílio de enxada rotativa. As adubações em cobertura foram realizadas via fertirrigação em gotejamento, distribuídas em dez aplicações ao longo do ciclo, aplicando um total de 120 g planta⁻¹ de nitrato de cálcio (15 % N e 19% Ca), 40 g planta⁻¹ de sulfato de potássio (48% K₂O e 15% SO₄), 30 g planta⁻¹ de fosfato monofosfato (12% N e 61% P₂O₅), 110 g planta⁻¹ de nitrato de potássio (13% N, 44% K₂O e 1,5% S) e 70 g planta⁻¹ de sulfato de magnésio (9% Mg e 12% S).

A irrigação foi realizada aplicando-se uma lâmina média líquida de 3,5 mm dia compensando a evapotranspiração diária média obtida (VALERIANO et al., 2017).

O controle de doenças e pragas foram efetuados de acordo com as recomendações para a cultura, realizando o monitoramento de incidência de pragas e doenças visando estabelecer as aplicações, rotacionando princípios ativos, utilizando os produtos à base de piraclostrobina, fluxapiraxade, trifloxistrobina, protioconazol, casugamicina, oxicloreto de cobre, equivalente em cobre metálico, mancozebe, carbosulfano, abamectina, haloxifope-p-metílico, piriproxifem, acetamiprido, alfa-cipermetrina, clorfenapir, beauveria bassiana com aplicações de acordo com as recomendações técnicas dos fabricantes. O controle de plantas daninhas foi realizado com capina manual entre as linhas e arranque entre as plantas.

Coleta e análise das variáveis ambientais

As variáveis microclimáticas, - (temperatura, umidade relativa, radiação global e PAR) de cada ambiente foram monitoradas e registradas por estações meteorológicas HOBO U30 equipadas com sensores Sigma, instaladas no centro de cada ambiente, com os sensores dispostos a altura média de 1,80 m. As leituras foram realizadas a cada 20 minutos e os dados compilados em médias mensais horárias, das 6:00 às 18:00. Os dados de pluviosidade foram

coletados pela estação instalada no ambiente campo aberto entre 12 de dezembro 2019 a 17 de abril de 2020.

Avaliação dos parâmetros fisiológicos dos tomateiros

A determinação dos índices de trocas gasosas: taxas de assimilação líquida de CO₂ ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (*A*), taxa de transpiração foliar ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (*E*), concentração interna de CO₂ na câmara subestomática ($\mu\text{mol mol}^{-1}$) (*C_i*) e condutância estomática ($\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (*g_s*) e luz incidente P.A.R ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) (*Q leaf*) foi realizada na quarta folha totalmente expandida a partir do ápice da planta, entre 128 e 136 DAS, período de plena colheita de frutos, i.e., enchimento de frutos. As medidas foram realizadas em dia ensolarado e sem nebulosidade, das 8:40 h às 10:30 h da manhã. Foram determinados os parâmetros fisiológicos dos híbridos de tomateiro 'Thaise', 'Trucker' e 'DS0060' cultivados em dois ambientes protegidos com cobertura de filme agrícola (FA), policarbonato (P), já no cultivo não protegido (campo aberto CA) o nível de sanidade das folhas não permitiu leitura. Os índices foram avaliados utilizando um analisador portátil de fotossíntese por radiação infravermelha (Infrared Red Gas Analyzer – IRGA, da marca ADC®, modelo LCI-SD).

Avaliação das características produtivas dos tomateiros

Foram colhidos frutos maduros no estágio 6 de maturação com mais de 90% de cor vermelha intensa (SKOLIK et al., 2019) entre 99 e 137 DAS em um intervalo de cerca de nove dias. Nos ambientes protegidos as colheitas foram realizadas de 99 a 137 DAS, totalizando quatro colheitas, porém no ambiente campo aberto (CA) foi efetuado somente uma colheita aos 99 DAS, devido ao estado fitossanitário das plantas.

A produção total (kg planta^{-1}) e número total (*n*^o) de frutos foram mensurados e posteriormente classificaram-se os frutos para obter a mensuração da produção comercial (kg planta^{-1}) e número comercial de frutos que apresentavam o padrão comercial (aparência, tamanho e nível de dano) e desta era calculado a produtividade (t ha^{-1}) para 22.000 plantas ha^{-1} .

Avaliação das características qualitativas dos frutos

Aos 99 DAS, os frutos comerciais maduros no estágio 6 foram colhidos, classificados, padronizados e separou-se uma amostra de 12 frutos por parcela. Os frutos foram imersos em água clorada (100 mg L^{-1} hipoclorito de sódio) por 10 minutos e posteriormente lavados em água destilada. Os tomates foram triturados em processador juicer (Philips Walita) para análises físico-químicas e separadas amostras em triplicatas e conservadas a -80°C para a realização das análises bioquímicas.

Foram avaliados os atributos de qualidade de fruto: firmeza de polpa, mensurando a textura do fruto - T (N), sólidos solúveis -SS (°Brix), pH, acidez titulável - AT (%), coloração do fruto (croma – C^* , ângulo *hue* – h°), teor de ácido ascórbico ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$), teor de carotenoides (licopeno – $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$ e β -caroteno – $\text{mg } 100\text{g}^{-1}$), teor de fenóis totais ($\text{mg } 100\text{g}^{-1}$) e atividade antioxidante (DPPH) ($\mu\text{mol Trolox } \text{g}^{-1}$).

Firmeza de Polpa

A análise de firmeza de polpa foi medida com um penetrômetro (marca Stable Micro System® modelo TA HD Plus) usando uma ponteira de 6 mm inserindo nos frutos (sem a cutícula), até a profundidade de 9 mm. A análise das polpas foi realizada em triplicata em cada repetição.

Sólidos Solúveis Totais (SST)

O teor de Sólidos Solúveis Totais (SST) expresso em °Brix, foi mensurado através do refratômetro da marca ATAGO® modelo PAL-BX/RI. As leituras foram realizadas em triplicata para garantir a consistência dos dados.

Acidez Total Titulável e Índice de Maturação de frutos

Utilizou-se um extrator de suco para extrair o suco do fruto para a análise de acidez total, o método foi baseado em Maul et al. (2000), com auxílio de um titulador potenciométrico, marca: Hanna Instruments® modelo HI901. A acidez (expressa em porcentagem de ácido cítrico) foi calculada utilizando-se a seguinte fórmula:

$$\text{Acidez (\%)} = \frac{\text{Titulado} \times \text{fc} \times 0,0064 (\text{Fator ácido cítrico})}{P} \times 100$$

Onde:

Titulado= volume (ml de NaOH); fc (fator de correção) = 0.887469; P = massa da amostra (gramas).

O índice de maturação de frutos (IM - *ratio*) foi calculado através da razão entre os valores de sólidos solúveis totais e acidez total titulável.

Coloração do fruto

Para leitura das coordenadas de cor utilizou-se o colorímetro da marca Hunter Lab® e modelo Color Quest XE. As leituras foram realizadas no sistema L^*a^*b , no qual em posse dos dados foram realizados os cálculos de cromaticidade $C^0 = (a^2+b^2)^{1/2}$ e ângulo Hue= $\text{tg}^{-1}(b/a)$.

Carotenoides

Determinaram-se as concentrações de licopeno e β -caroteno, de acordo com Nagata e Yamashita (1992). Para realizar o procedimento, foi pesado 1 g de amostra e adicionado 4 mL de acetona e 6 mL de hexano, seguindo para a homogeneização em turrax.

As absorvâncias das amostras foram medidas em espectrofotômetro nos seguintes comprimentos de onda: 453, 505, 645 e 663 nm. Sendo os resultados expresso pelas seguintes equações.

$$\text{Licopeno (mg 100mL}^{-1}\text{)} = -0,0458A_{663}+0,204A_{645}+0,372A_{505}-0,0806A_{453}$$

$$\beta\text{-caroteno (mg 100mL}^{-1}\text{)} = 0,216A_{663}-1,22A_{645}-0,304A_{505}+0,452A_{453}$$

Análise dos dados

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e a análise de variância (teste F) e as médias comparadas pelo teste de Scott-Knott com $p < (0,05)$, com auxílio do Software SISVAR[®] Pt-BR versão 5.6 (FERREIRA, 2019). Todos os procedimentos laboratoriais e de campo foram realizados em triplicata ($n=3$). Foram aplicadas transformações de dados ($\sqrt{(y+0,5)}$) para coloração de frutos, ($\sqrt{(y+1)}$) para teor de ácido ascórbico, licopeno e β -caroteno, e ($\sqrt{(y+2)}$) para fenóis totais e DPPH.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Características ambientais, fisiológicas e produtivas de híbridos de tomateiros

O cultivo de tomateiro no verão na região Amazônica é de alto risco, devido a presença de chuvas que provocam encharcamento do solo e molhamento foliar, fatores esses que associados as altas temperaturas são condições desfavoráveis ao cultivo (Figura 1). Em regiões tropicais, dependendo do ano de cultivo e manejo das plantas, podem ocorrer danos severos de doenças e pragas no estágio de colheita (SUBIN et al., 2020).

O ciclo das plantas no cultivo a campo aberto foi limitado a 99 DAS, isso foi em decorrência do período de cultivo ter sido realizado no verão (12/12/2019 a 17/04/2020), sendo o período de produção caracterizado por elevada pluviosidade e altas temperaturas (Figura 1 e 2 A). A pluviosidade total no período de cultivo foi de 1841,9 mm, sendo que entre a fase de floração e formação de frutos ocorreu uma pluviosidade acumulada (633,11 mm) e entre a fase de frutificação e a colheita ocorreram 531,6 mm (Figura 1). A elevada ocorrência de chuva, limitou o cultivo do tomateiro a campo aberto, devido à alta severidade de doenças, limitando a produção

de fotoassimilados para o enchimento de frutos, e não possibilitando a análise de desempenho fisiológico das plantas no período da colheita (Tabela 2) e a produtividade das plantas que variou de 8,4 a 26,2 t ha⁻¹ (Tabela 3).

Em regiões tropicais, a alta pressão de pragas e patógenos no cultivo de tomateiro comprometem a produção, sendo que no período de floração 46 % das plantas haviam sido dizimadas e no início da colheita todas as áreas de cultivo expressavam índice máximo de severidade de doença, o que comprometeu o rendimento das plantas (0,7 a 6,1 t ha⁻¹) (SUBIN et al., 2020).

A alta pluviosidade associada a altas temperaturas são fatores que aumentam o risco da incidência de doenças em tomateiro (ALVARENGA, 2013), no período do cultivo, foram observadas temperaturas mínima e máxima do ar, de 22,5 e 29,2 °C, respectivamente (Figura 2A). A variação ótima de temperatura do ar para o cultivo do tomateiro é de 20 a 24 °C durante o dia e 18 °C a noite (TILAHUN et al., 2017). Quando as temperaturas atingem 29 °C, ocorre diminuição da produtividade devido a redução do pegamento de frutos por planta (HAREL et al., 2014).

O cultivo protegido proporcionou uma eficiente barreira contra a pluviosidade, porém essa técnica favoreceu o aumento das temperaturas médias e máximas, que foram superiores em 4,6 e 6,3% no ambiente protegido coberto com filme agrícola (FA) e em 3,0 e 4,4% no policarbonato (P), quando comparados ao campo aberto (CA), respectivamente (Figura 2 A). Os ambientes protegidos proporcionavam maiores médias de umidade relativa do ar, com 81,0 e 82,8% nos ambientes cobertos com FA e P, respectivamente, enquanto que no campo aberto apresentou média de 79,5% (Figura 2 B), sendo que essa menor média no CA se deveu a maior ventilação neste ambiente.

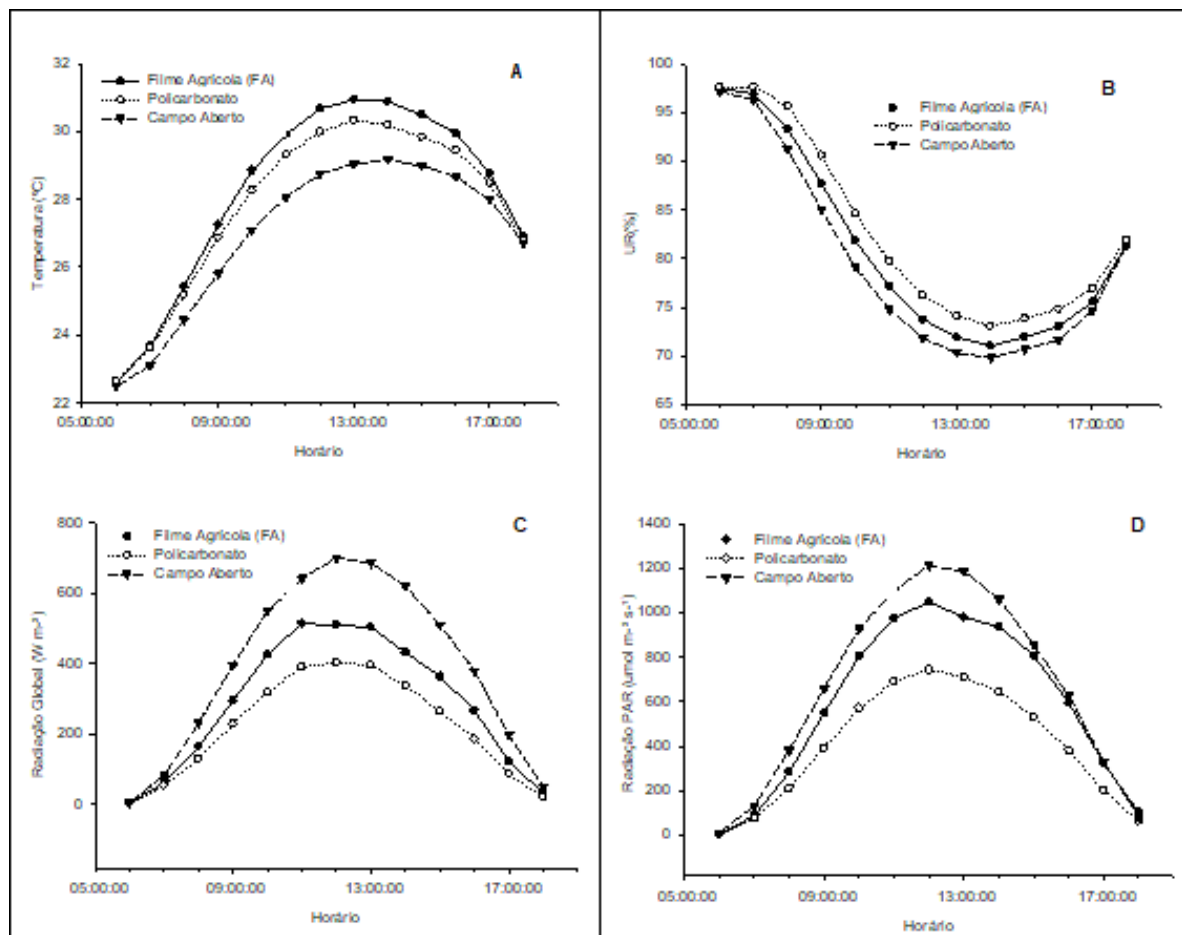


Figura 2. Variáveis climatológicas: Temperatura (A); Umidade relativa (%) (B), radiação Global ($W m^{-2}$) (C) e radiação PAR ($\mu mol s^{-1} m^{-2}$) (D) em função dos diferentes tipos de ambientes (filme agrícola (FA), Policarbonato (P) e no Campo (CA)), cultivados com tomateiros.

O ambiente protegido com policarbonato (P) proporcionou uma estabilidade de radiação global após atingir o valor mínimo ideal (400 nm) para a planta do tomateiro as 9 h, e assim manteve-se inferior ao máximo ideal (700 nm) até aproximadamente as 16:30 h (Figura 2 D). Entretanto, os demais ambientes limitaram essa faixa de radiação ideal, onde atingiram esses valores antes das 9 h, porém rapidamente ($\cong 10$ h) ultrapassaram a faixa de radiação ideal para cultura (Figura 2 C e D). Estes resultados corroboram com os valores obtidos por Subin et al. (2020), que verificaram que o cultivo protegido coberto com policarbonato (2 e 4 mm) forneceram uma região fotossintética ativa ideal para o crescimento das plantas, permitindo a passagem da radiação com comprimento de onda da luz solar de 400 a 600 nm.

Tabela 2 Análises de taxas de assimilação líquida de CO_2 ($\mu mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$) (A), taxa de transpiração foliar ($mmol H_2O m^{-2} s^{-1}$) (E), concentração interna de CO_2 na câmara subestomática ($\mu mol mol^{-1}$) (C_i), condutância estomática ($mol m^{-2} s^{-1}$) (G_s) e luz incidente P.A.R. ($\mu mol CO_2 m^{-2} s^{-1}$) (Q_{leaf}) de híbridos de tomateiro cultivados em dois ambientes protegidos (Amb.) com cobertura de filme agrícola (FA), policarbonato (P) e no Campo aberto (CA).

Variável	Amb. (A)	Híbrido (H)				Fcalc.			CV %
		DS0060	Trucker	Thaise	Média	Amb. (A)	H	AXH	
A	CA	-----	-----	-----					
	FA	11,0 aA	9,2 bA	12,9 aA	11,1 a	3,7*	4,1*	6,4*	27,6
	P	7,7 aB	20,1 aA	14,9 aA	14,2 a				
Média	9,35 B	14,7 A	13,9 A						
E	CA	-----	-----	-----					
	FA	3,7 aA	5,5 aA	5,0 aA	4,7 a	0,1 ^{ns}	3,1 ^{ns}	0,1 ^{ns}	32,2
	P	3,1 aA	5,4 aA	4,9 aA	4,4 a				
Média	3,4 A	5,4 A	4,9 A						
C _i	CA	-----	-----	-----					
	FA	349,3 aA	373,7 aA	315,0 aA	346,0 a	3,7 ^{ns}	0,3 ^{ns}	1,0 ^{ns}	14,1
	P	306,7 aA	295,0 aA	312,3 aA	304,7 a				
Média	328,0 A	334,33A	312,66 A						
G _s	CA	-----	-----	-----					
	FA	0,3 aA	0,3 aA	0,7 aA	0,5 a	1,7 ^{ns}	2,5 ^{ns}	1,6 ^{ns}	11,4
	P	0,3 aA	1,0 aA	0,8 aA	0,7 a				
Média	0,3 A	0,6 A	0,7 A						
Q leaf	CA	-----	-----	-----					
	FA	16,2 aA	16,2 aA	14,7 aA	15,7 a	0,8 ^{ns}	0,9 ^{ns}	0,9 ^{ns}	6,9
	P	16,2 aA	16,2 aA	16,2 aA	16,9 a				
Média	16,2 A	16,2 A	15,5 A						

P- Policarbonato; FA-Filme Agrícola; C- Campo. Letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ¹Transformação ($\sqrt{y+1}$). * significativo F ($p < 0,05$), ^{NS} Não significativo F ($p < 0,05$).

A saturação luminosa em tomateiro varia de 700 a 1.100 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$ (ROCHA et al., 2018), dessa forma o aumento da irradiância pode influenciar diretamente na produção de fotoassimilados, produção de massa seca da planta e produção de frutos (BARBOSA et al., 2017). Possivelmente a resposta das cultivares nas condições do ambiente policarbonato (P) pode estar relacionada à melhor captação da energia luminosa (radiação difusa) no comprimento ideal para a fotossíntese, sendo que essa tendência foi observada em outros estudos (RADIN et al., 2003; KWON et al., 2017).

O tomateiro tem maior eficiência de uso da radiação fotossinteticamente ativa quando esta tem menor disponibilidade de incidência sob a cultura (RADIN ET AL., 2003). Esta informação foi corroborada neste trabalho ao verificar que houve a maior produtividade dos tomateiros cultivados no ambiente P (Tabela 3), mesmo esse ambiente apresentando menores níveis de radiação que o ambiente FA e CA (Figura 2D).

Ao analisar os parâmetros fotossintéticos dos tomateiros cultivados nos ambientes protegidos cobertos com FA e P, verificou-se que os tipos de coberturas não influenciaram na maioria dos parâmetros avaliados (taxas de assimilação líquida de CO_2 – TAL (A), taxa de transpiração foliar (E), concentração interna de CO_2 na câmara subestomática (C_i), condutância estomática (g_s) e luz difusa P.A.R. (Tabela 2).

Os tipos de coberturas (P e FA) não proporcionaram diferença da taxa de assimilação líquida de CO_2 para o híbrido 'Thaise', para o 'DS0060', essa mesma tendência foi observada para

a produtividade. O híbrido 'Trucker' apresentou uma taxa de assimilação líquida 118% maior quando cultivada no ambiente P quando comparado ao ambiente FA, proporcionando também um acréscimo de produtividade de 52 % (Tabela 2 e 3).

A variação da taxa de assimilação líquida observada nesse trabalho, pode ser atribuída às características genéticas dos híbridos dentro de cada condição ambiental (temperatura do ar e radiação). No estudo realizado por Kwon et al. (2017), estes autores observaram que o tomateiro 'Superdoterang' cultivado em ambientes cobertos com policarbonato e vidro não apresentou diferença na taxa de assimilação líquida, obtendo valores de 24,85 e 21,83 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$.

Tabela 3. Produtividade – Prod. (t ha^{-1}), produção total – MT (kg planta^{-1}), comercial - MC (kg planta^{-1}), número total de frutos - NFT (n^0), número de frutos comercializáveis – NFC (n^0) de frutos de híbridos de tomateiro cultivados em dois ambientes protegidos (Amb.) com cobertura de filme agrícola (FA), Policarbonato (P) e em Campo aberto (CA).

Variável	Amb. (A)	Híbrido (H)			Média	F calc.			CV. %
		DS0060	Trucker	Thaíse		A	H	A x H	
Prod. ^{1,2}	CA	8,4 bB	18,9 cA	26,2 bA	17,8 c	64,5*	7,1*	0,6*	17,7
	FA	48,7 aB	58,0 bB	86,3 aA	64,3 b				
	P	75,3 aA	88,2 aA	92,6 aA	85,3 a				
Média		44,1 B	55,1 B	68,3 A					
MT	CA	0,4 bB	0,9 cA	1,2 bA	0,8 c	54,0*	5,9 ^{ns}	0,5*	12,7
	FA	2,2 aB	2,6 bB	3,9 aA	2,9 b				
	P	3,4 aA	4,0 aA	4,2 aA	3,9 a				
Média		2,0 B	2,5 B	3,1 A					
MC	CA	0,2 c	0,6 cA	0,6 bA	0,4 c	66,4*	3,6 ^{ns}	0,6*	13,1
	FA	1,8 bB	2,3 bB	3,3 aA	2,5 b				
	P	3,2aA	3,6 aA	3,9 aA	3,6 a				
Média		1,7 A	2,1 A	2,6 A					
NFT	CA	3,6 bC	8,6 bB	12,4 bA	8,2 b	52,2*	14,0*	0,9*	17,9
	FA	21,0 aB	27,8 aB	48,3 aA	32,3 a				
	P	24,8 aB	36,6 aA	39,4 aA	33,6 a				
Média		16,5 B	24,3 B	33,3 A					
NFC	CA	0,80 bB	4,4 bA	3,2 bA	2,8 b	86,2*	9,7*	1,5*	19,5
	FA	15,2 aB	20,2 aA	35,0 aA	23,5 a				
	P	20,2 aB	30,0 aA	33,4 aA	27,9 a				
Média		12,1 B	18,2 A	23,9 A					

P- Policarbonato; FA-Filme Agrícola; C- Campo. Letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ¹Considerando uma população de 22000 plantas ha^{-1} . ²Transformação ($\sqrt{y+1}$). * significativo F ($p < 0,05$), ^{NS} Não significativo F ($p < 0,05$).

Quando a taxa de assimilação líquida foi comparada entre os híbridos cultivados no ambiente P, verificou-se que 'Trucker' e 'Thaíse' apresentaram maiores valores (20,1 e 14,9 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$) que o 'DS0060' (7,7 $\mu\text{mol s}^{-1} \text{m}^{-2}$) (Tabela 02). Porém, esse aumento na taxa de assimilação líquida não representou aumento de produtividade, ao comparar-se a produtividade obtida pelos híbridos cultivados nesse ambiente (Tabela 3).

Como já descrito anteriormente, as plantas cultivadas a campo aberto apresentaram menor desempenho produtivo (Tabela 3). Já as plantas cultivadas em cultivo protegido apresentaram maior desempenho, principalmente sob cobertura com policarbonato (P), sendo essa tendência mantida para todas as características produtivas (produtividade, produção total e comercial, número de frutos totais e comerciais) (Tabela 3).

O cultivo de tomateiro sob ambiente protegido proporcionou um aumento expressivo da produção total e comercial, tendo um incremento de 71 a 70 % quando utilizado policarbonato e 64 a 62 % com uso do filme agrícola, respectivamente, ao comparar com as plantas cultivadas sob ambiente não protegido (CA). Yeshiwas, Belew e Tolessa (2016) também verificaram um aumento expressivo de produção de tomates ao cultivar sob ambiente protegido, com aumento de 54%.

Ao comparar os tipos de cobertura para ambiente protegido o policarbonato proporcionou um aumento de cerca de 22 % para produção total e comercial considerando a média dos híbridos de tomateiro (Tabela 3).

O menor desempenho dos híbridos 'DS0060' e 'Trucker' quando cultivados no ambiente protegido coberto com FA pode ser explicado devido à alta radiação global e a PAR incidente nesse ambiente (Figura 2 C e D).

A cultivar 'Thaïse' também apresentou alto desempenho ao ser cultivada no ambiente FA (Tabela 3). Este híbrido apresenta maior termotolerância e se adapta a uma amplitude maior de radiação, o que favoreceu o melhor desempenho no ambiente FA. Obteve-se uma produção total entorno de 3,9 kg planta⁻¹ e comercial de 3,3 kg planta⁻¹, o que pode ser considerado uma produção média ao cultivar em condições de altas temperaturas (SCARANO et al., 2020). Já os tratamentos que alcançaram valores acima de 4 kg planta⁻¹, que foram o 'Trucker' e o 'Thaïse' cultivados sob ambiente protegido coberto com P, podem ser considerados como de alta produção conforme o mesmo autor. A produção obtida no presente trabalho é superior aos registrados para tomateiro 'Superdoterang' cultivado sob ambiente protegido coberto com policarbonato (2,8 kg planta⁻¹) (KNOW et al., 2017) e para 'Bishola' (1,81 kg/planta⁻¹) que apresenta crescimento determinado (YESHIWAS, BELEW e TOLESSA, 2016).

Os resultados deste trabalho mostraram o alto potencial produtivo dos híbridos de tomateiro avaliados no período de entressafra em cultivo protegido e cultivados em altas temperaturas (Figura 2A). As altas produtividades observadas neste estudo podem estar relacionadas com a termotolerância dos materiais genéticos conduzidos sob cultivo protegido, com destaque para os híbridos 'Trucker' e 'Thaïse', resultando em maior rentabilidade ao produtor.

Os maiores números de frutos por planta foram produzidos por 'Thaïse' cultivado nos ambientes protegidos FA e P e 'Trucker' no ambiente P (48,3, 39,4 e 36,6 frutos por planta,

respectivamente) (Tabela 3). Porém verificou-se também que o tratamento ‘Thaíse’ no ambiente FA apresentou maior porcentagem de descarte de frutos (27,9%), comparado ao ambiente P, que descartou 15,2 % dos frutos. Isso pode ter ocorrido devido aos fatores ambientais como maior temperatura, radiação global e PAR (Figura 2 A, C e D). Vale ressaltar que as maiores perdas de frutos foram obtidas no cultivo a campo aberto, atingindo 77,8 % para ‘DS0060’, 74,2% para ‘Thaíse’ e 48,8% para ‘Trucker’. Isso ocorreu devido aos fatores de temperatura, índice de radiação e principalmente pela alta pluviosidade no período de colheita (Figura 1) causando oscilação na umidade do solo e proporcionando alta incidência de rachadura, fundo preto e frutos pequenos.

O melhor desempenho produtivo no ambiente P em relação ao CA e FA pode ser justificado pela maior incidência de radiação difusa nesse ambiente proporcionada pela estrutura de cobertura, uma vez que as placas de policarbonato alveolar de dupla camada apresentam fora as quatro paredes externas de cada célula mais duas paredes internas dispostas em cruz no centro das células, e essa estrutura pode promover uma reflexão multidirecional da radiação, aumentando a oferta de radiação difusa no interior da estrutura. Considerando-se que a radiação difusa apresenta maior capacidade de penetração no dossel e maior produção de fotoassimilados segundo Radin et al. (2003), essa é uma das hipóteses para o fenômeno observado.

Características de qualidade de tomate: atributos físico-químicos e bioquímicos

A coloração dos frutos de tomate é um importante atributo de qualidade e houve efeito da interação entre ambiente e híbridos analisados com $p < (0,05)$ para todos os parâmetros de cor de frutos de tomate (Tabela 4). Entre os híbridos, o maior valor chroma foi para o híbrido ‘DS0060’ seguido de ‘Trucker’ e ‘Thaíse’ com médias de 51,4; 50,1 e 49,7^o respectivamente. Em relação aos ambientes, não houve diferença significativa entre eles. O efeito da interação somente aconteceu no ambiente FA, sendo a cultivar ‘DS0060’ foi a que apresentou maior valor de chroma sendo (52,0^o). Papaioannou et al. (2012) trabalhando com filme agrícola de 180 micras de espessura com e sem tratamento UV com a cultivar ‘Belladonna’ verificaram valores similares de chroma e concluíram que os valores de chroma tem maior relação com a síntese de outros carotenoides do que com a síntese de licopeno. Essa informação é corroborada pelos valores deste trabalho, pois o menor teor de licopeno no FA foi observado no híbrido ‘DS0060’ quando comparado aos demais (Tabela 5).

Tabela 4. Coloração de frutos, representados por chroma (C*), luminosidade (L*), ângulo hue (h°), coordenadas (a* e b*) de frutos de híbridos de tomateiro cultivados em dois ambientes protegidos (Amb.) com cobertura de filme agrícola (FA), Policarbonato (P) e no Campo aberto (CA).

Variável	Amb. (A)	Híbridos (H)			Média	F calc.			CV
		DS0060	Trucker	Thaíse		A	H	A x H	

									(%)
C*	CA	51,2 aA	50,8 aA	51,0 aA	51,0 a	1,8*	4,1*	0,9*	7,6
	FA	52,0 aA	49,8 aB	49,3 aB	50,4 a				
	P	51,0 aA	49,6 aA	48,8 aA	49,8 a				
Média		51,4 A	50,1 B	49,7 B					
L*	CA	51,9 aA	49,4 aB	45,0 aC	48,8 a	35,9*	28,8*	2,1*	8,7
	FA	46,0 bA	42,8 bB	42,3 bB	43,7 b				
	P	46,7 bA	43,9 bB	42,7 bB	44,4 b				
Média		48,2 A	45,4 B	43,3 C					
h°	CA	60,7 aA	53,7 aB	44,7 aC	53,1 a	58,9*	31,6*	5,3*	14,8
	FA	44,8 bA	40,6 bB	39,7 bB	41,7 b				
	P	46,5 bA	43,4 bB	40,8 bB	43,6 b				
Média		50,7 A	45,9 B	41,8 C					
a*	CA	24,9 bC	29,9 bB	36,2 aA	30,3 b	40,0*	18,3*	7,7*	14,5
	FA	36,4 aA	37,4 aA	37,8 aA	37,2 a				
	P	34,8 aA	35,7 aA	37,0 aA	35,8 a				
Média		32,1 C	34,3 B	36,9 A					
b*	CA	43,8 aA	40,4 aB	36,0 aC	40,1 a	38,5*	25,9*	1,0*	14,0
	FA	36,4 bA	32,6 bB	31,4 bB	33,5 b				
	P	36,8 bA	34,0 bB	32,0 bB	34,2 b				
Média		39,0 A	35,7 B	33,1 C					

P- Policarbonato; FA-Filme Agrícola; C- Campo. Letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ¹Transformação ($\sqrt{y+1}$). * significativo F ($p < 0,05$), ^{NS} Não significativo F ($p < 0,05$).

Observou-se maior valor de luminosidade (L^*) nos frutos do híbrido 'DS0060' (48,2) em relação aos do híbrido 'Trucker' e 'Tháise'. Entre os ambientes, os frutos produzidos a campo aberto apresentaram maior média de luminosidade (51,0) do que os produzidos sob cultivo protegido (P e FA). Ao desdobrar os ambientes em função das cultivares, observou-se que no CA o valor de L^* foi maior nos frutos do híbrido 'DS0060' (51,9). No ambiente coberto com FA e no P ocorreu o mesmo comportamento, onde os frutos do 'DS0060' apresentaram maiores valores ao comparar com os frutos dos demais híbridos. O efeito ambiental na luminosidade (L^*) foi descrito por Know et al. (2017), porém nesse estudo o ambiente coberto com policarbonato proporcionou frutos com maior valor de luminosidade que os cultivados sob cobertura de vidro.

Nour, Ionica e Trandafir (2015) afirmam que há uma correlação negativa entre L^* e teor de licopeno, onde maiores valores de L^* indicam menores teores de licopeno no tomate. Neste trabalho o maior valor de L^* obtido nos frutos do DS0060 cultivado no CA também apresentaram o menor teor de licopeno e β -caroteno (Tabelas 4 e 5).

Tabela 5. Atributos médios de qualidade de frutos: Licopeno – Lic ($\text{mg}/100\text{g}^{-1}$) e β -caroteno – β -car ($\text{mg}/100\text{g}^{-1}$), Firmeza de polpa - FP (N), teor de sólidos solúveis - SS ($^{\circ}\text{Brix}$), acidez titulável - AT (%) e índice de maturação – IM (SS/TA) de frutos de híbridos de tomateiro cultivados em diferentes ambientes com cobertura de filme agrícola (FA), Policarbonato (P) e no Campo Aberto (CA).

Variável	Amb.	Híbrido (H)	Fcalc.
----------	------	-------------	--------

	(A)				Média	Amb. (A)	Híb. (H)	AXH	CV (%)
		DS0060	Trucker	Thaíse					
Lic.	CA	0,40 bB	0,58 cA	0,67 cA	0,55 c	110,7*	30,9*	7,3*	23,3
	FA	0,86 aC	1,12 aB	1,47 aA	1,15 a				
	P	0,75 aA	0,78 bA	0,83 bA	0,79 b				
	Média	0,67 C	0,83 B	0,99 A					
β-car.	CA	0,38 bB	0,51 cA	0,57 cA	4,9 c	101,9*	32,8*	6,3*	22,5
	FA	0,73 aC	0,95 aB	1,23 aA	9,7 a				
	P	0,64 aA	0,68 bA	0,77 bA	7,0 b				
	Média	0,58 C	0,71 B	0,86 A					
FP ¹	CA	9,2 aB	12,4 aA	9,6 aB	10,4 a	30,0*	12,1*	1,1*	37,9
	FA	7,0 bB	8,3 bA	6,1 bB	7,1 b				
	P	7,0 bA	7,9 bA	5,8 bB	6,9 b				
	Média	7,7 B	9,6 A	7,2 B					
SS	CA	4,5 bA	4,0 bB	4,1 bB	4,2 c	20,5*	11,2*	0,9*	10,7
	FA	5,2 aA	4,5 aB	4,6 aB	4,8 a				
	P	4,6 bA	4,7 aA	4,3 bA	4,4 b				
	Média	4,7 A	4,4 B	4,3 B					
AT	CA	0,34 aA	0,30 aB	0,28 bB	0,31 a	1,3 ^{ns}	4,9*	8,6*	12,8
	FA	0,30 bB	0,27 bB	0,33 aA	0,30 a				
	P	0,30 bB	0,31 aA	0,34 aA	0,32 a				
	Média	0,31 A	0,29 B	0,32 A					
IM	CA	13,1 cA	13,3 bA	14,5 aA	13,6 b	27,4*	12,1*	17,8*	12,3
	FA	17,3 aA	16,5 aA	12,9 bB	15,6 a				
	P	15,3 bA	15,5 aA	13,5 aA	14,8 a				
	Média	15,2 A	15,1 A	13,6 B					

P- Policarbonato; FA-Filme Agrícola; C- Campo. Letras iguais minúsculas na coluna e maiúsculas na linha não diferem significativamente pelo teste de Scott-Knott ($p < 0,05$). ¹Transformação ($\sqrt{y+1}$). * significativo F ($p < 0,05$), ^{NS} F ($p < 0,05$).

Outro fator determinante na coloração é a análise do ângulo Hue, que representa a prevalência de tom avermelhado quando está mais próximo de zero e mais amarelado quando estiver mais próximo a 90. Observou-se que houve uma tendência de frutos produzidos no CA apresentar maior valor de ângulo Hue, isto fica mais evidente para o híbrido 'DS0060' que obteve o maior valor para esse atributo, 60,7 proporcionando um fruto com coloração mais clara com tendência ao amarelo (Tabela 4). Essa característica observada pode estar relacionada a menor produção de licopeno e β-caroteno (0,40 e 0,38 mg 100 g⁻¹) respectivamente (Tabela 5).

Os frutos produzidos a campo aberto apresentaram menores valores para a coordenada a*, ou seja, observaram-se frutos menos avermelhados, uma vez que a variável a* corresponde ao intervalo de a+ (vermelho) e a- (verde) (Tabela 2). Em relação aos híbridos 'Thaíse' foi o que apresentou frutos com maior valor para essa coordenada, seguido de 'Trucker', ambos mais vermelhos que os frutos do 'DS0060'. Para todos os híbridos, os piores resultados quanto a coordenada a* foram obtidos no CA. Esses resultados mostram que tanto o ambiente com FA e P proporcionaram frutos com coloração mais avermelhada. Isto pode estar relacionado ao principal pigmento encontrado em frutos de tomate que é o licopeno, que foram encontrados em maior quantidade nestes frutos, com médias de 1,15 e 0,83 mg 100 g⁻¹, respectivamente para o

ambiente FA e P (Tabela 5). Possivelmente os ambientes FA e P por melhorar a difusão da luz e otimizar parâmetros fotossintéticos seriam capazes de melhorar a eficiência fotossintética e qualitativa do tomate. Também pode-se ressaltar que entre os híbridos pode haver diferenças genéticas que acometem a performance produtiva e a coloração de frutos. Quanto ao ambiente, Kwon et al. (2017) não verificaram influência ambiental no parâmetro a^* de tomates cultivados sob ambientes cobertos com policarbonato e vidro da cultivar, diferente dos resultados obtidos nesse estudo que verificou diferença entre os ambientes. Nour et al. (2012) verificaram em casa de vegetação com a utilização de híbridos de tomate valores para a coordenada a^* que variaram de 32,90 a 41,90.

A coordenada b^* corresponde ao intervalo de b^- (azul) e b^+ (amarelo), e foi evidenciado que o maior valor de b^* foi apresentado pelos frutos cultivados sob campo aberto (Tabela 4). Este resultado está relacionado ao não bloqueio do UV alcançando valores de 43,8, 40,4 e 36,0 para os híbridos 'DS0060', 'Trucker' e 'Thaise', respectivamente. Porém, nos cultivos protegidos apesar de apresentar menores valores, variando de 31,4 a 36,8, ainda podem ser considerados elevados, tornando os frutos mais amarelados. Ao se comparar os resultados deste trabalho com os obtidos por Kwon et al. (2017), que verificaram maior b^* em frutos de tomateiros produzidos em policarbonato (17,1), em relação ao vidro (15,4), verificou-se que os valores obtidos por esses autores foram cerca de 50% menores que os apresentados nesse trabalho. Estes autores enfatizaram que houve um retardo da maturação do tomate em função dos tratamentos anti-UV das coberturas. Também pode-se inferir que as altas temperaturas e fatores genéticos podem ser responsável pelo alto valor de b^* .

Os maiores valores para a coordenada b^* foram apresentados no híbrido DS0060, independente do ambiente de cultivo (Tabela 4). Ao analisar o desdobramento dos ambientes em função dos híbridos pode-se aferir que o 'DS0060' apresentou maiores valores que os frutos do 'Trucker' e 'Thaise'. Esse maior valor de b^* para o híbrido 'DS0060' conferiu uma cor mais pronunciada ao amarelo, porém este apresentou menores teores de β -caroteno (Tabela 5).

A análise da cor pode contribuir como indicadores na síntese de carotenoides em tomate, sendo que segundo Nour, Ionica e Trandafir (2015) o início da síntese de carotenoides está associado a um aumento acentuado da coordenada a^* , enquanto o processo de amadurecimento é acompanhado pela redução do valor do ângulo hue e o aumento de chroma (C^*). Durante o amadurecimento de frutos de tomate há forte correlações entre o teor de licopeno e todas as cores índices, porém a maior correlação foi para o ângulo hue o que justifica a maioria dos resultados obtidos para os índices de cor. Com relação ao chroma não foi observada diferença significativa para a maioria dos desdobramentos (Tabela 4).

O híbrido 'DS0060' apresentou os piores resultados quanto a coloração dos frutos, podendo inferir a influência genética sobre a coloração de frutos de tomates vermelhos. Além disso, pode indicar que esse material tem pouca adaptação às condições ambientais de alta temperatura e radiação, devendo ser avaliado em regiões e épocas de cultivo onde as temperaturas são mais amenas.

Os teores de carotenoides foram maiores para os frutos do híbrido 'Tháise', cultivados no ambiente FA (1,47 e 1,23 mg 100 g⁻¹, para licopeno e β-caroteno, respectivamente) (Tabela 5). Esses teores são altos quando comparados a resultados obtidos com tomate tipo 'saladetti' cultivados em altas temperaturas sob cultivo protegido, que apresentaram teores de licopeno variando de 0,3 a 0,82 mg 100 g⁻¹ e β-caroteno 0,06 a 0,09 mg 100 g⁻¹ (DOMICIANO et al., 2021). De maneira geral, os teores de licopeno e β-caroteno foram menores quando os frutos foram produzidos a campo aberto, isso pode ter sido consequência das altas temperaturas. Os diferentes teores de licopeno encontrados nas cultivares podem ser atribuídos a características genéticas, clima, local, modo de cultivo e amadurecimento dos frutos. Segundo Nour et al. (2012) a síntese de carotenoides, principalmente o licopeno, é influenciada pelos híbridos em função dos diferentes genitores e origens e sua adaptabilidade as condições ambientais locais.

Estresses abióticos como altas e baixas temperaturas e alta luminosidade influenciam no acúmulo de carotenoides e essas moléculas estão associadas a termotolerância em tomate (SCARANO et al., 2020), porém a maior concentração de licopeno nos frutos não está relacionada a maior desempenho em produtividade, como apresentado pela 'Tháise'.

Os frutos foram colhidos com mais de 90% de cor vermelha intensa (estádio 6) e apresentaram firmeza de polpa maior nos frutos de tomate produzidos a campo aberto para todas os híbridos (Tabela 5). Porém, ao comparar os híbridos foi verificado que o 'Trucker' apresentou maior firmeza de polpa de frutos quando cultivado no ambiente CA e FA. No ambiente P 'Trucker' não apresentou diferença dos frutos da 'DS0060', porém ambos apresentaram frutos mais firmes que os frutos de 'Tháise'. A firmeza de polpa do fruto é uma característica importante para a conferir resistência ao transporte, está relacionada ao estágio de amadurecimento do fruto e pode ser influenciado pelas características genéticas e ambientais de cultivo.

Para a variável sólidos solúveis (SS) foi verificado que há interação entre os ambientes e os híbridos de tomate (Tabela 5) e que, o híbrido 'DS0060' apresentou maior teor de SS quando comparados aos demais híbridos nos ambientes CA e FA, porém não apresentaram diferença no ambiente P. Entretanto os frutos do 'DS0060' não apresentaram diferenças entre os ambientes com valores variando de 4,5 a 5,2 °Brix, semelhantes aos obtidos por Know et al. (2017), onde o ambiente de cultivo não proporcionou diferença para essa variável, obtendo teores variando de 5,1 a 5,2 °Brix. Determinando que o teor de sólidos solúveis pode ter grande influência genética,

estes obtiveram teores de 4,12 °Brix para o tomate mais doce ('Lampião') e 3,48 °Brix para o tomate menos doce ('Fascínio') e citam que os consumidores preferem tomates com teores entre 4 e 6 °Brix (DOMICINIANO et al., 2021).

Todos os híbridos produzidos nos diferentes ambientes apresentaram frutos com teor de sólidos solúveis acima de 4 °Brix (Tabela 5). O SS do tomate é composto principalmente, de açúcar redutor. Assim, qualquer fator como por exemplo variação climática sazonal e práticas de manejo que alteram a síntese de sacarose (atividade fotossintética) afetam o acúmulo de glicose e frutose nos frutos e sólidos solúveis (YESHIWAS, BELEW e TOLESSA, 2016).

Os frutos apresentaram acidez titulável variando de 0,27 a 0,34 %, sendo que estes valores são menores que os obtidos por Scararo et al. (2020) que obtiveram valores de 0,39 a 0,55 %, porém, semelhantes aos obtidos por Nour, Ionica e Trandafir (2015), ao analisar tomates maduros (0,22 a 0,32 %). A acidez titulável é influenciada pelo ponto de colheita dos frutos e pode ser influenciada também pelas características genéticas dos híbridos (NOUR, IONICA, TRANDAFIR, 2015; SCARARO et al., 2020, DOMINICIANO et al., 2021). Observou que houve uma interação entre os híbridos e os ambientes, expressando maior acidez do fruto para 'DS0060' foi no ambiente CA e para o 'Tháise' o ambiente P (Tabela 5).

A relação entre doçura e acidez expressa pelo índice de maturação de frutos (IM) determina o paladar, indicando sabor suave ou ácido e estabelece que frutos com *ratio* 10 é considerado ideal para o consumo (KADER et al., 1978). Neste trabalho, os valores de (IM) foram superiores a 13,1 ('DS0060' sob ambiente CA) e atingiram 17,3 ('DS0060' sob ambiente FA). Para os híbridos 'DS0060' e 'Trucker' o menor IM foi obtida no ambiente CA (Tabela 5). Porém, devido ao alto índice de SS, todos os ambientes e híbridos produziram frutos com boa aceitação de mercado, ou seja, alto índice de maturação, devido principalmente ao ponto de colheita estabelecido para os frutos nesse estudo que foi quando os frutos estavam com mais de 90% de cor vermelha intensa, ideal para a comercialização local do produto.

CONCLUSÕES

O cultivo protegido viabilizou agronomicamente o cultivo do tomateiro no período de verão na região amazônica, proporcionando uma produção de 62 a 71 % maior que as cultivadas sob campo aberto. Isso se deve principalmente a barreira de proteção da alta precipitação pluviométrica incidente no período (1841,9 mm), apesar das temperaturas do ar aumentarem entre 3,0 a 6,3 % e reduzir a radiação global e PAR em 44,1 e 39,1 %, respectivamente no policarbonato e 26,8 e 12,6 %, respectivamente no filme agrícola.

Quanto ao tipo de cobertura a ser utilizada, o uso do policarbonato é sugerido pois o policarbonato atingiu valores de radiação PAR de 403,3 e 742,6 micromol/s¹/m², que é a faixa ideal para desempenho fotossintético do tomateiro e por ser mais eficiente na redução das radiações global e PAR. Apesar das coberturas não influenciarem na maioria dos parâmetros avaliados, na fase de maturação dos frutos.

O cultivo em campo aberto reduz a qualidade dos frutos. Os tipos de cobertura para ambiente protegido, apresentaram resultados satisfatórios quanto aos atributos de qualidade.

Os híbridos 'Tháise' e 'Trucker' alcançam produtividade acima de 88 t ha⁻¹, em ambiente protegido, melhor qualidade quanto a atributos de coloração e teor de licopeno e β-caroteno e produzem frutos com boa doçura, acidez e índice de maturação de frutos.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior-CAPES pela bolsa concedida. À Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Mato Grosso – FAPEMAT, pelo apoio e financiamento do projeto de pesquisa n° 0588913/2016, aprovado no Edital n° 037/2016. À Embrapa Agrossilvipastoril pelo apoio técnico e científico para a execução dos trabalhos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALI, Md Yousuf; SINA, Abu Ali Ibn; KHANDKER, Shahad Saif; *et al.* Nutritional composition and bioactive compounds in tomatoes and their impact on human health and disease: A review. **Foods**, v. 10, n. 1, 2021.

BARBOSA, Maria Antonia; CHITWOOD, Daniel; AZEVEDO, Aristéa; *et al.* Bundle sheath extensions affect leaf structural and physiological plasticity in response to irradiance. **bioRxiv**, p. 208850, 2017.

BAZGAOU, A.; FATNASSI, H.; BOUHROUD, R.; *et al.* An experimental study on the effect of a rock-bed heating system on the microclimate and the crop development under canarian greenhouse. **Solar Energy**, v. 176, p. 42–50, 2018.

BECKMANN, Márkilla Zunete; DUARTE, Georgea Rita Burck; PAULA, Viviane Aires de; *et al.* Radiação solar em ambiente protegido cultivado com tomateiro nas estações verão-outono do Rio Grande do Sul. **Ciência Rural**, v. 36, n. 1, p. 86–92, 2006.

DOMICIANO, Simone Aparecida; CASAGRANDE, Jéssica Gawski; SILVA, Rejeane Maria da; *et al.* Produtividade, anatomia foliar e qualidade de frutos de híbridos de tomateiro tipo Saladete sob ambiente protegido. **Revista Ibero-Americana de Ciências Ambientais**, v. 12, n. 2, p. 111–124, 2021.

FERREIRA, Daniel Furtado. Sisvar: a Computer Analysis System To Fixed Effects Split Plot Type Designs. **Revista Brasileira De Biometria**, v. 37, n. 4, p. 529–535, 2019.

FAOFAST – The food and Agriculture Organization Corporate Statical Database. Crops: tomatoes. Disponível em: <<http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize>>.

HAREL, Danny; FADIDA, Hadar; SLEPOY, Alik; *et al.* The Effect of Mean Daily Temperature and Relative Humidity on Pollen, Fruit Set and Yield of Tomato Grown in Commercial Protected Cultivation. **Agronomy**, v. 4, n. 1, p. 167–177, 2014.

HUAT, Joël; DORÉ, Thierry; AUBRY, Christine. Limiting factors for yields of field tomatoes grown by smallholders in tropical regions. **Crop Protection**, v. 44, p. 120–127, 2013.

KADER, AA; STEVENS, M Allen. Composition and Flavor Quality of Fresh Market Tomatoes as Influenced by Some Postharvest Handling Procedures. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 103, n. 1, p. 6–13, 1978.

KWON, Joon Kook; KHOSHIMKHUJAEV, Bekhzod; LEE, Jae Han; *et al.* Growth and yield of tomato and cucumber plants in polycarbonate or glass greenhouses. **Korean Journal of Horticultural Science and Technology**, v. 35, n. 1, p. 79–87, 2017.

NAGATA, Masayasu; YAMASHITA, Ichiji. Simple Method for Simultaneous Determination of Chlorophyll and Carotenoids in Tomato Fruit. **Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi**, v. 39, n. 10, p. 925–928, 1992.

NOUR, Violeta; IONICA, Mira Elena; TRANDAFIR, Ion. Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Color of Hydroponic Tomato Fruits at Different Stages of Ripening. **Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca**, v. 43, n. 2, p. 404–412, 2015.

SCARANO, Aurelia; OLIVIERI, Fabrizio; GERARDI, Carmela; *et al.* Selection of tomato landraces with high fruit yield and nutritional quality under elevated temperatures. **Journal of the Science of Food and Agriculture**, v. 100, n. 6, p. 2791–2799, 2020.

SKOLIK, Paul; MORAIS, Camilo L.M.; MARTIN, Francis L.; *et al.* Determination of developmental and ripening stages of whole tomato fruit using portable infrared spectroscopy and Chemometrics. **BMC Plant Biology**, v. 19, n. 1, 2019.

SUBIN, M. C.; KARTHIKEYAN, Ram; PERIASAMY, C.; *et al.* Verification of the greenhouse roof-covering-material selection using the finite element method. *In: Materials Today: Proceedings*. [s.l.]: Elsevier Ltd, 2020, v. 21, p. 357–366.

TILAHUN, S; DO, Su Park; MU, Hong Seo; *et al.* Review on factors affecting the quality and antioxidant properties of tomatoes. **African Journal of Biotechnology**, v. 16, n. 32, p. 1678–1687, 2017.

TUANY BORGES VALERIANO, Taynara; JOSÉ SANTANA, Márcio; SILVA DE SOUZA, Stefany; *et al.* LÂMINA ÓTIMA ECONÔMICA PARA O TOMATEIRO IRRIGADO CV. ANDRÉA EM AMBIENTE PROTEGIDO. **Revista Inova Ciência & Tecnologia**, v. 3, n. 2, p. 13–19, 2017.

YESHIWAS, Yebirzaf; BELEW, Derbew; TOLESSA, Kassaye. Tomato (*Solanum lycopersicum* L.) Yield and Fruit Quality Attributes as Affected by Varieties and Growth Conditions. **World Journal of Agricultural Sciences**, v. 12, n. 6, p. 404–408, 2016.



TABLE OF CONTENTS

●	Description	p.1
●	Audience	p.2
●	Impact Factor	p.2
●	Abstracting and Indexing	p.2
●	Editorial Board	p.2
●	Guide for Authors	p.5



DESCRIPTION

Scientia Horticulturae is an international journal publishing research related to **horticultural crops**. Articles in the journal deal with open or protected production of **vegetables, fruits, edible fungi** and **ornamentals** under temperate, subtropical and tropical conditions. Papers in related areas (biochemistry, micropropagation, soil science, plant breeding, plant physiology, phytopathology, etc.) are considered, if they contain information of direct significance to **horticulture**. Papers on the technical aspects of horticulture (engineering, crop processing, storage, transport etc.) are accepted for publication only if they relate directly to the living product. In the case of plantation crops, those yielding a product that may be used fresh (e.g. tropical vegetables, citrus, bananas, and other fruits) will be considered, while those papers describing the processing of the product (e.g. rubber, tobacco, and quinine) will not. The scope of the journal includes all horticultural crops but does not include speciality crops such as, medicinal crops or forestry crops, such as bamboo. Basic molecular studies without any direct application in horticulture will not be considered for this journal.

Types of paper:

1. Original full papers (regular papers)
2. Review articles (should cover a part of the subject of active current interest)
3. Short Communications
 - 3.1 Report of preliminary results of important research (pilot investigation: e.g. no duplications or with other restrictions)
 - 3.2 Newly developed methodology or modification of existing methodology, possibly description of first test.
 - 3.3 Results of the application of an earlier published research methodology on other crops or under different conditions (fact finding or recipes) that are nevertheless of interest to an international readership. Should include new scientific insight.
4. Book Reviews (included in the journal on a range of relevant books which are not more than 2 years old).

Original papers should report the results of original research and should be of international and not only regional interest. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form. Reviews should cover a part of the subject active current interest. They may be submitted or invited.

Short Communications should be as completely documented, both by reference to the literature and description of the experimental procedures employed, as a regular paper. They should not occupy more than 4 printed pages (about 8 manuscript pages, including figures, etc.).

For consultation or suggestions please contact the [Editors-in-Chief](#).

AUDIENCE

Horticulturists, Plant Breeders, Plant Physiologists.

IMPACT FACTOR

2020: 3.463 © Clarivate Analytics Journal Citation Reports 2021

ABSTRACTING AND INDEXING

Ecological Abstracts Engineering
Village - GEOBASECAB
International
EMBiology
Current Contents - Agriculture, Biology & Environmental Sciences
Francis
Elsevier BIOBASE
Research Alert
Web of Science
Science Citation Index
BIOSIS Citation Index
Scopus

EDITORIAL BOARD

Editors-in-Chief

G. Colla, University of Tuscia, Viterbo, Italy

W.W. Guo, National Key Laboratory of Crop Genetic Improvement, Wuhan, China

Cell engineering and citrus genetic improvement, Genetic & epigenetic studies of citrus polyploids, Integrative omics approaches to reveal the molecular mechanism of male sterility & seedlessness of citrus somatic cybrid, Citrus molecular breeding

S. Kondo, Chiba University, Chiba, Japan

P. Martinez-Gómez, Center for Edaphology and Applied Biology of the Segura River, Murcia, Spain

Molecular Markers, Fruits Breeding, Fruit Genomics, Fruit Transcriptomics, Vegetable Breeding, Biotic and Abiotic stresses

B. Pennisi, University of Georgia College of Agricultural and Environmental Sciences - Griffin Campus, Griffin, Georgia, United States of America

Associate Editors

S. Garcia Martinez

F. Garcia-Sanchez, Center for Edaphology and Applied Biology of the Segura River Soil and Water Conservation Group of Plant nutrition Department, Murcia, Spain

D-L. Guo, Henan University of Science and Technology, Department of Horticulture, Henan, China

Grape molecular breeding, Fruit ripening, Bioinformatics, Genomics, Epigenetics

M. Kyriacou, Agricultural Research Institute, Nicosia, Cyprus

Horticulture, Vegetable science, Grafting, Microgreens, Fruit and vegetable quality, Ripening physiology, Postharvest physiology, Carbohydrate metabolism, Phytochemicals, Functional compounds.

J. Lee, Chung-Ang University, Seoul, South Korea

G. Manganiaris, Cyprus University of Technology, Lemesos, Cyprus

Arboriculture, postharvest physiology and technology, quality evaluation, phytochemical profile, fruit ripening syndrome, physiological disorders

G. Qin, Institute of Botany Chinese Academy of Sciences, Beijing, China

Y. Roupael, University of Napoli Federico II Department of Agriculture, Portici, Italy

Fruit quality of vegetable crops through pre-harvest factors, plant nutrition, water and irrigation management, soilless production of vegetables and ornamentals, role of grafting, beneficial microorganisms, plants biostimulants in horticultural plants, novel specialty crops such as microgreens and edible flowers

J. Xu, Huazhong Agricultural University, Wuhan, China

Carotenoids, Flavonoids, Limonoids, Flavor, Volatile, Secondary mechanism, Sensory science

Founding Editor

S.J. Wellensiek

Editorial Advisory Board

Z.L. Bie, Huazhong Agricultural University, Wuhan, China

S. Burnett, The University of Maine, Orono, Maine, United States of America

Floriculture, Greenhouse, Organic, Irrigation, Propagation, Moisture sensor

R. I. Cabrera, Rutgers University, Department of Plant Biology, New Jersey, United States of America

E. Candir, Hatay Mustafa Kemal University, Antakya, Turkey

physiology, storage of fruit and vegetables, modified atmosphere packaging

M. Cardarelli, CREA Horticulture and Nursery Research Centre, Pontecagnano, Italy

Plant tissue culture, Propagation, Ornamental and aromatic plants, Plant physiology, Biostimulants, Seed treatments and germination, Grafting

F. Cheng

M. Dorais, Laval University, Quebec, Quebec, Canada

H. Ezura, University of Tsukuba Graduate School of Life and Environmental Sciences, Tsukuba, Japan

Physiology, genomics, genetics, breeding and biotechnology of Solanaceae and Cucurbitaceae plants

S. Garcia, Miguel Hernández University, Orihuela, Alicante, Spain

Genetics, Plant breeding, Molecular markers, Marker-assisted selection, Traditional cultivars, Tomato, Genetic variability study

R.G. Guevara-González, Autonomous University of Queretaro, Queretaro, Mexico

A. Gunes, Ankara University, Ankara, Turkey

Y.J. Hao, Shandong Agricultural University College of Horticulture Science and Engineering, Tai'an, Shandong, China

Molecular biology and biotechnology of fruit trees

W.B. Herppich, Leibniz Institute for Agricultural Engineering and Bioeconomy, Potsdam, Germany

C. Honda, The University of Tokyo, Tokyo, Japan

Apple, Anthocyanin, Deciduous fruit production, Ethylene, Postharvest

X. Huang, South China Agricultural University, Guangzhou, China

T. Jemric, University Clinical Hospital Center Zagreb, Zagreb, Croatia

Postharvest Field, Postharvest Technology of Fruits, including Storage and Postharvest Treatments, Fruit Growing and Genetic Resources

M. Karlsson, University of Alaska Fairbanks, Fairbanks, Alaska, United States of America

Controlled environment agriculture, Greenhouse production, High tunnels, Environmental plant physiology, Lighting conditions, Light emitting diodes, Hydroponics, Floriculture, Northern production conditions, Season extensions

S. Kawabata

J.D. Klein, Agricultural Research Organization Volcani Center, Bet Dagan, Israel

seed, vegetable and fruit physiology, postharvest physiology, plant growth regulators, fruit tree culture and management

H. Krishna, ICAR Central Institute of Arid Horticulture, Bikaner, India

Physiology of horticultural crops, Micropropagation, Mycorrhizal/ Plant Growth Promoting Rhizobia (PGPR) studies, Nursery management, Cultivation measures, Post-harvest management, Evaluation and morphological characterization of crops, Organic cultivation

M. Kyriacou, Agricultural Research Institute, Nicosia, Cyprus

Horticulture, Vegetable science, Grafting, Microgreens, Fruit and vegetable quality, Ripening physiology, Postharvest physiology, Carbohydrate metabolism, Phytochemicals, Functional compounds.

C. Miranda, Public University of Navarre, Pamplona, Spain

Pome fruits, Stone fruits, Viticulture, Modelling, Fruit set, Forecasting, Climate, Yield performance, Plant genetic resources, Genetic diversity, Characterization, Water management, Fertilization, Precision agriculture

B. Ouyang, Huazhong Agricultural University, Wuhan, China

Abiotic stress in plants, Functional Genomics

G. Paliyath, University of Guelph, Guelph, Ontario, Canada

post harvest biology, fruit physiology, biochemistry, storage and technology, nutritional components in

fruits, vegetables, membrane biology etc.

S.A. Petropoulos, University of Thessaly School of Agricultural Sciences, Volos, Greece Bioactive compounds, Essential oils, Fruit quality, Greenhouse production, Horticulture, Salinity, Stress physiology, Vegetable quality, Vegetable production, Water stress

M. Policarpo

D. Savvas, Agricultural University of Athens, Athens, Greece

Irrigation of greenhouse crops, Greenhouse microclimate, Salinity management and strategies for improving the use of saline water in agriculture, Soilless culture, Nutrition and fertilization of vegetable crops, Implications of groundwater and surface water management on nutrient cycling, Physical properties of growing media and their impact on irrigation management of crops grown on substrates, Cultural practices in vegetable crops

L. Tian, London Research and Development Centre, London, Ontario, Canada

D.W. Turner, University of Western Australia School of Agriculture and Environment, Perth, Australia

Y. Wang, University of Florida Department of Food Science and Human Nutrition, Gainesville, Florida, United States of America

Flavor chemistry, Plant metabolomics, Phytochemical identification, Health benefits of plants

T. West, North Dakota State University, Fargo, North Dakota, United States of America

J. Wu, New Zealand Institute for Plant and Food Research Ltd, Auckland, New Zealand

GUIDE FOR AUTHORS

Your Paper Your Way

We now differentiate between the requirements for new and revised submissions. You may choose to submit your manuscript as a single Word or PDF file to be used in the refereeing process. Only when your paper is at the revision stage, will you be requested to put your paper in to a 'correct format' for acceptance and provide the items required for the publication of your article.

To find out more, please visit the Preparation section below.

INTRODUCTION

Types of paper

1. Original full papers (Regular Papers)
2. Review articles should cover a part of the subject of active current interest.
3. Short Communications
 - 3.1 Report of preliminary results of important research (pilot investigation; e.g. no duplications or with other restrictions).
 - 3.2 Newly developed methodology or modification of existing methodology, possibly description of first test.
 - 3.3 Results of the application of an earlier published research methodology on other crops or under different conditions (fact finding or recipes) that are nevertheless of interest to an international readership.
4. Book Reviews will be included in the journal on a range of relevant books which are not more than 2 years old.

Original papers should report the results of original research. The material should not have been previously published elsewhere, except in a preliminary form. Reviews should cover a part of the subject active current interest. They may be submitted or invited and the full review should not exceed 10'000 words.

Short Communications should be as completely documented, both by reference to the literature and description of the experimental procedures employed, as a regular paper. They should not occupy more than 4 printed pages (about 8 manuscript pages, including figures, etc.).

For consultation or suggestions please contact the Editors-in-Chief.

Submission checklist

You can use this list to carry out a final check of your submission before you send it to the journal for review. Please check the relevant section in this Guide for Authors for more details.

Ensure that the following items are present:

One author has been designated as the corresponding author with contact details:

- E-mail address
- Full postal address

All necessary files have been uploaded:

Manuscript:

- Include keywords
- All figures (include relevant captions)
- All tables (including titles, description, footnotes)
- Ensure all figure and table citations in the text match the files provided
- Indicate clearly if color should be used for any figures in print

Graphical Abstracts / Highlights files (where applicable)

Supplemental files (where applicable)

Further considerations

- Manuscript has been 'spell checked' and 'grammar checked'
- All references mentioned in the Reference List are cited in the text, and vice versa
- Permission has been obtained for use of copyrighted material from other sources (including the Internet)
- A competing interests statement is provided, even if the authors have no competing interests to declare
- Journal policies detailed in this guide have been reviewed
- Referee suggestions and contact details provided, based on journal requirements

For further information, visit our [Support Center](#).

BEFORE YOU BEGIN

Ethics in publishing

Authorship of the paper (ICMJE)

Authorship should be limited to those who have made a significant contribution to the conception, design, execution, and interpretation of the reported study. All those who have made significant contributions should be listed as co-authors. Where there are others who have participated in certain substantive aspects of the research project, they should be acknowledged or listed as contributors. The corresponding author should ensure that all appropriate co-authors and no inappropriate co-authors are included on the paper, and that all co-authors have seen and approved the final version of the paper and have agreed to its submission for publication.

For more information on Ethics in publishing and Ethical guidelines for journal publication see <https://www.elsevier.com/publishingethics> and <https://www.elsevier.com/ethicalguidelines>.

Declaration of competing interest

All authors must disclose any financial and personal relationships with other people or organizations that could inappropriately influence (bias) their work. Examples of potential conflicts of interest include employment, consultancies, stock ownership, honoraria, paid expert testimony, patent applications/registrations, and grants or other funding. Authors should complete the declaration of competing interest statement using [this template](#) and upload to the submission system at the Attach/Upload Files step. **Note: Please do not convert the .docx template to another file type. Author signatures are not required.** If there are no interests to declare, please choose the first option in the template. [More information.](#)

Submission declaration and verification

Submission of an article implies that the work described has not been published previously (except in the form of an abstract, a published lecture or academic thesis, see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' for more information), that it is not under consideration for publication elsewhere, that its publication is approved by all authors and tacitly or explicitly by the responsible authorities where the work was carried out, and that, if accepted, it will not be published elsewhere in the same form, in English or in any other language, including electronically without the written consent of the copyright- holder. To verify originality, your article may be checked by the originality detection service [CrossrefSimilarity Check](#).

Preprints

Please note that [preprints](#) can be shared anywhere at any time, in line with Elsevier's [sharing policy](#). Sharing your preprints e.g. on a preprint server will not count as prior publication (see '[Multiple, redundant or concurrent publication](#)' for more information).

Use of inclusive language

Inclusive language acknowledges diversity, conveys respect to all people, is sensitive to differences, and promotes equal opportunities. Content should make no assumptions about the beliefs or commitments of any reader; contain nothing which might imply that one individual is superior to another on the grounds of age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition; and use inclusive language throughout. Authors should ensure that writing is free from bias, stereotypes, slang, reference to dominant culture and/or cultural assumptions. We advise to seek gender neutrality by using plural nouns ("clinicians, patients/clients") as default/wherever possible to avoid using "he, she," or "he/she." We recommend avoiding the use of descriptors that refer to personal attributes such as age, gender, race, ethnicity, culture, sexual orientation, disability or health condition unless they are relevant and valid. These guidelines are meant as a point of reference to help identify appropriate language but are by no means exhaustive or definitive.

Author contributions

For transparency, we encourage authors to submit an author statement file outlining their individual contributions to the paper using the relevant CRediT roles: Conceptualization; Data curation; Formal analysis; Funding acquisition; Investigation; Methodology; Project administration; Resources; Software; Supervision; Validation; Visualization; Roles/Writing - original draft; Writing - review & editing. Authorship statements should be formatted with the names of authors first and CRediT role(s) following. [More details and an example](#)

Changes to authorship

Authors are expected to consider carefully the list and order of authors **before** submitting their manuscript and provide the definitive list of authors at the time of the original submission. Any addition, deletion or rearrangement of author names in the authorship list should be made only **before** the manuscript has been accepted and only if approved by the journal Editor. To request such a change, the Editor must receive the following from the **corresponding author**: (a) the reason for the change in author list and (b) written confirmation (e-mail, letter) from all authors that they agree with the addition, removal or rearrangement. In the case of addition or removal of authors, this includes confirmation from the author being added or removed.

Only in exceptional circumstances will the Editor consider the addition, deletion or rearrangement of authors **after** the manuscript has been accepted. While the Editor considers the request, publication of the manuscript will be suspended. If the manuscript has already been published in an online issue, any requests approved by the Editor will result in a corrigendum.

Article transfer service

This journal is part of our Article Transfer Service. This means that if the Editor feels your article is more suitable in one of our other participating journals, then you may be asked to consider transferring the article to one of those. If you agree, your article will be transferred automatically on your behalf with no need to reformat. Please note that your article will be reviewed again by the new journal. [More information.](#)

Copyright

Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'Journal Publishing Agreement' (see [more information](#) on this). An e-mail will be sent to the corresponding author confirming receipt of the manuscript together with a 'Journal Publishing Agreement' form or a link to the online version of this agreement.

Subscribers may reproduce tables of contents or prepare lists of articles including abstracts for internal circulation within their institutions. [Permission](#) of the Publisher is required for resale or distribution outside the institution and for all other derivative works, including compilations and translations. If excerpts from other copyrighted works are included, the author(s) must obtain written permission from the copyright owners and credit the source(s) in the article. Elsevier has [preprinted forms](#) for use by authors in these cases.

For gold open access articles: Upon acceptance of an article, authors will be asked to complete a 'License Agreement' ([more information](#)). Permitted third party reuse of gold open access articles is determined by the author's choice of [user license](#).

Author rights

As an author you (or your employer or institution) have certain rights to reuse your work. [More information.](#)

Elsevier supports responsible sharing

Find out how you can [share your research](#) published in Elsevier journals.

Role of the funding source

You are requested to identify who provided financial support for the conduct of the research and/or preparation of the article and to briefly describe the role of the sponsor(s), if any, in study design; in the collection, analysis and interpretation of data; in the writing of the report; and in the decision to submit the article for publication. If the funding source(s) had no such involvement then this should be stated.

Open access

Please visit our [Open Access page](#) for more information.

Elsevier Researcher Academy

[Researcher Academy](#) is a free e-learning platform designed to support early and mid-career researchers throughout their research journey. The "Learn" environment at Researcher Academy offers several interactive modules, webinars, downloadable guides and resources to guide you through the process of writing for research and going through peer review. Feel free to use these free resources to improve your submission and navigate the publication process with ease.

Language (usage and editing services)

Please write your text in good English (American or British usage is accepted, but not a mixture of these). Authors who feel their English language manuscript may require editing to eliminate possible grammatical or spelling errors and to conform to correct scientific English may wish to use the [English Language Editing service](#) available from Elsevier's Author Services.

Submission

Our online submission system guides you stepwise through the process of entering your article details and uploading your files. The system converts your article files to a single PDF file used in the peer-review process. Editable files (e.g., Word, LaTeX) are required to typeset your article for final publication. All correspondence, including notification of the Editor's decision and requests for revision, is sent by e-mail.

Submit your article

Please submit your article via <https://www.editorialmanager.com/HORTI/default.aspx>

Referees

Suggesting 5 reviewers is required for submission. Please note that only one suggested reviewer can be from your own country, and suggest four potential reviewers from different countries including full contact details and e-mail addresses. Note that the Editor retains the sole right to decide whether or not the suggested reviewers are used.

PREPARATION

Queries

For questions about the editorial process (including the status of manuscripts under review) or for technical support on submissions, please visit our [Support Center](#).

NEW SUBMISSIONS

Submission to this journal proceeds totally online and you will be guided stepwise through the creation and uploading of your files. The system automatically converts your files to a single PDF file, which is used in the peer-review process.

As part of the Your Paper Your Way service, you may choose to submit your manuscript as a single file to be used in the refereeing process. This can be a PDF file or a Word document, in any format or lay-out that can be used by referees to evaluate your manuscript. It should contain high enough quality figures for refereeing. If you prefer to do so, you may still provide all or some of the source files at the initial submission. Please note that individual figure files larger than 10 MB must be uploaded separately.

References

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the article number or pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct.

Formatting requirements

There are no strict formatting requirements but all manuscripts must contain the essential elements needed to convey your manuscript, for example Abstract, Keywords, Introduction, Materials and Methods, Results, Conclusions, Artwork and Tables with Captions.

If your article includes any Videos and/or other Supplementary material, this should be included in your initial submission for peer review purposes.

Divide the article into clearly defined sections.

Please ensure the text of your paper is double-spaced and has consecutive line numbering - this is an essential peer review requirement.

Figures and tables embedded in text

Please ensure the figures and the tables included in the single file are placed next to the relevant text in the manuscript, rather than at the bottom or the top of the file. The corresponding caption should be placed directly below the figure or table.

Peer review

This journal operates a single anonymized review process. All contributions will be initially assessed by the editor for suitability for the journal. Papers deemed suitable are then typically sent to a minimum of two independent expert reviewers to assess the scientific quality of the paper. The Editor is responsible for the final decision regarding acceptance or rejection of articles. The Editor's decision is final. Editors are not involved in decisions about papers which they have written themselves or have been written by family members or colleagues or which relate to products or services in which the editor has an interest. Any such submission is subject to all of the journal's usual procedures, with peer review handled independently of the relevant editor and their research groups. [More information on types of peer review.](#)

REVISED SUBMISSIONS

Use of word processing software

Regardless of the file format of the original submission, at revision you must provide us with an editable file of the entire article. Keep the layout of the text as simple as possible. Most formatting codes will be removed and replaced on processing the article. The electronic text should be prepared in a way very similar to that of conventional manuscripts (see also the [Guide to Publishing with Elsevier](#)). See also the section on Electronic artwork.

To avoid unnecessary errors you are strongly advised to use the 'spell-check' and 'grammar-check' functions of your word processor.

Article structure

Subdivision - numbered sections

Divide your article into clearly defined and numbered sections. Subsections should be numbered 1.1 (then 1.1.1, 1.1.2, ...), 1.2, etc. (the abstract is not included in section numbering). Use this numbering also for internal cross-referencing: do not just refer to 'the text'. Any subsection may be given a brief heading. Each heading should appear on its own separate line.

Introduction

State the objectives of the work and provide an adequate background, avoiding a detailed literature survey or a summary of the results.

Material and methods

Provide sufficient details to allow the work to be reproduced by an independent researcher. Methods that are already published should be summarized, and indicated by a reference. If quoting directly from a previously published method, use quotation marks and also cite the source. Any modifications to existing methods should also be described.

Results

Results should be clear and concise.

Discussion

This should explore the significance of the results of the work, not repeat them. Avoid extensive citations and discussion of published literature. Results and Discussion should be two separate sections.

Conclusions

The main conclusions of the study may be presented in a short Conclusions section, which may stand alone or form a subsection of a Discussion or Results and Discussion section.

Appendices

If there is more than one appendix, they should be identified as A, B, etc. Formulae and equations in appendices should be given separate numbering: Eq. (A.1), Eq. (A.2), etc.; in a subsequent appendix, Eq. (B.1) and so on. Similarly for tables and figures: Table A.1; Fig. A.1, etc.

Essential title page information

- **Title.** Concise and informative. Titles are often used in information-retrieval systems. Avoid abbreviations and formulae where possible.

- **Author names and affiliations.** Please clearly indicate the given name(s) and family name(s) of each author and check that all names are accurately spelled. You can add your name between parentheses in your own script behind the English transliteration. Present the authors' affiliation addresses (where the actual work was done) below the names. Indicate all affiliations with a lower-case superscript letter immediately after the author's name and in front of the appropriate address. Provide the full postal address of each affiliation, including the country name and, if available, the e-mail address of each author.
- **Corresponding author.** Clearly indicate who will handle correspondence at all stages of refereeing and publication, also post-publication. This responsibility includes answering any future queries about Methodology and Materials. **Ensure that the e-mail address is given and that contact details are kept up to date by the corresponding author.**
- **Present/permanent address.** If an author has moved since the work described in the article was done, or was visiting at the time, a 'Present address' (or 'Permanent address') may be indicated as a footnote to that author's name. The address at which the author actually did the work must be retained as the main, affiliation address. Superscript Arabic numerals are used for such footnotes.

Highlights

Highlights are mandatory for this journal as they help increase the discoverability of your article via search engines. They consist of a short collection of bullet points that capture the novel results of your research as well as new methods that were used during the study (if any). Please have a look at the examples here: [example Highlights](#).

Highlights should be submitted in a separate editable file in the online submission system. Please use 'Highlights' in the file name and include 3 to 5 bullet points (maximum 85 characters, including spaces, per bullet point).

Abstract

A concise and factual abstract is required. The abstract should state briefly the purpose of the research, the principal results and major conclusions. An abstract is often presented separately from the article, so it must be able to stand alone. For this reason, References should be avoided, but if essential, then cite the author(s) and year(s). Also, non-standard or uncommon abbreviations should be avoided, but if essential they must be defined at their first mention in the abstract itself.

Graphical abstract

Although a graphical abstract is optional, its use is encouraged as it draws more attention to the online article. The graphical abstract should summarize the contents of the article in a concise, pictorial form designed to capture the attention of a wide readership. Graphical abstracts should be submitted as a separate file in the online submission system. Image size: Please provide an image with a minimum of 531 × 1328 pixels (h × w) or proportionally more. The image should be readable at a size of 5 × 13 cm using a regular screen resolution of 96 dpi. Preferred file types: TIFF, EPS, PDF or MS Office files. You can view [Example Graphical Abstracts](#) on our information site.

Authors can make use of Elsevier's [Illustration Services](#) to ensure the best presentation of their images and in accordance with all technical requirements.

Keywords

Immediately after the abstract, provide a maximum of 6 keywords, using American spelling and avoiding general and plural terms and multiple concepts (avoid, for example, 'and', 'of'). Be sparing with abbreviations: only abbreviations firmly established in the field may be eligible. These keywords will be used for indexing purposes.

Abbreviations

Define abbreviations that are not standard in this field in a footnote to be placed on the first page of the article. Such abbreviations that are unavoidable in the abstract must be defined at their first mention there, as well as in the footnote. Ensure consistency of abbreviations throughout the article.

Acknowledgements

Collate acknowledgements in a separate section at the end of the article before the references and do not, therefore, include them on the title page, as a footnote to the title or otherwise. List here those individuals who provided help during the research (e.g., providing language help, writing assistance or proof reading the article, etc.).

Formatting of funding sources

List funding sources in this standard way to facilitate compliance to funder's requirements:

Funding: This work was supported by the National Institutes of Health [grant numbers xxxx, yyyy]; the Bill & Melinda Gates Foundation, Seattle, WA [grant number zzzz]; and the United States Institutes of Peace [grant number aaaa].

It is not necessary to include detailed descriptions on the program or type of grants and awards. When funding is from a block grant or other resources available to a university, college, or other research institution, submit the name of the institute or organization that provided the funding.

If no funding has been provided for the research, please include the following sentence:

This research did not receive any specific grant from funding agencies in the public, commercial, or not-for-profit sectors.

Nomenclature and units

Follow internationally accepted rules and conventions: use the international system of units (SI). If other units are mentioned, please give their equivalent in SI.

Authors and Editor(s) are, by general agreement, obliged to accept the rules governing biological nomenclature, as laid down in the *International Code of Botanical Nomenclature*, the *International Code of Nomenclature of Bacteria*, and the *International Code of Zoological Nomenclature*.

All biotica (crops, plants, insects, birds, mammals, etc.) should be identified by their scientific names when the English term is first used, with the exception of common domestic animals.

All biocides and other organic compounds must be identified by their Geneva names when first used in the text. Active ingredients of all formulations should be likewise identified.

For chemical nomenclature, the conventions of the *International Union of Pure and Applied Chemistry* and the official recommendations of the *IUPAC-IUB Combined Commission on Biochemical Nomenclature* should be followed.

Math formulae

Present simple formulae in the line of normal text where possible. In principle, variables are to be presented in italics.

Number consecutively any equations that have to be displayed separate from the text (if referred to explicitly in the text).

Subscripts and superscripts should be clear.

Greek letters and other non-Roman or handwritten symbols should be explained in the margin where they are first used. Take special care to show clearly the difference between zero (0) and the letter O, and between one (1) and the letter I.

Give the meaning of all symbols immediately after the equation in which they are first used. For simple fractions use the solidus (/) instead of a horizontal line.

Equations should be numbered serially at the right-hand side in parentheses. In general only equations explicitly referred to in the text need be numbered.

The use of fractional powers instead of root signs is recommended. Also powers of e are often more conveniently denoted by exp.

Levels of statistical significance which can be mentioned without further explanation are: * \leq , ** $P < 0.01$ and *** $P < 0.001$.

In chemical formulae, valence of ions should be given as, e.g., Ca^{2+} , not as Ca^{++} . Isotope numbers should precede the symbols, e.g., ^{18}O .

Footnotes

Footnotes should be used sparingly. Number them consecutively throughout the article. Many word processors build footnotes into the text, and this feature may be used. Should this not be the case, indicate the position of footnotes in the text and present the footnotes themselves separately at the end of the article.

Electronic artwork

General points

- Make sure you use uniform lettering and sizing of your original artwork.
- Preferred fonts: Arial (or Helvetica), Times New Roman (or Times), Symbol, Courier.

- Number the illustrations according to their sequence in the text.
- Use a logical naming convention for your artwork files.
- Indicate per figure if it is a single, 1.5 or 2-column fitting image.
- For Word submissions only, you may still provide figures and their captions, and tables within a single file at the revision stage.
- Please note that individual figure files larger than 10 MB must be provided in separate source files.

A detailed [guide on electronic artwork](#) is available.

You are urged to visit this site; some excerpts from the detailed information are given here.

Formats

Regardless of the application used, when your electronic artwork is finalized, please 'save as' or convert the images to one of the following formats (note the resolution requirements for line drawings, halftones, and line/halftone combinations given below):

EPS (or PDF): Vector drawings. Embed the font or save the text as 'graphics'.

TIFF (or JPG): Color or grayscale photographs (halftones): always use a minimum of 300 dpi.

TIFF (or JPG): Bitmapped line drawings: use a minimum of 1000 dpi.

TIFF (or JPG): Combinations bitmapped line/half-tone (color or grayscale): a minimum of 500 dpi is required.

Please do not:

- Supply files that are optimized for screen use (e.g., GIF, BMP, PICT, WPG); the resolution is too low.
- Supply files that are too low in resolution.
- Submit graphics that are disproportionately large for the content.

Color artwork

Please make sure that artwork files are in an acceptable format (TIFF (or JPEG), EPS (or PDF), or MS Office files) and with the correct resolution. If, together with your accepted article, you submit usable color figures then Elsevier will ensure, at no additional charge, that these figures will appear in color online (e.g., ScienceDirect and other sites) regardless of whether or not these illustrations are reproduced in color in the printed version. **For color reproduction in print, you will receive information regarding the costs from Elsevier after receipt of your accepted article.** Please indicate your preference for color: in print or online only. [Further information on the preparation of electronic artwork.](#)

Figure captions

Ensure that each illustration has a caption. A caption should comprise a brief title (**not** on the figure itself) and a description of the illustration. Keep text in the illustrations themselves to a minimum but explain all symbols and abbreviations used.

Tables

Please submit tables as editable text and not as images. Tables can be placed either next to the relevant text in the article, or on separate page(s) at the end. Number tables consecutively in accordance with their appearance in the text and place any table notes below the table body. Be sparing in the use of tables and ensure that the data presented in them do not duplicate results described elsewhere in the article. Please avoid using vertical rules and shading in table cells.

References

Citation in text

Please ensure that every reference cited in the text is also present in the reference list (and vice versa). Any references cited in the abstract must be given in full. Unpublished results and personal communications are not recommended in the reference list, but may be mentioned in the text. If these references are included in the reference list they should follow the standard reference style of the journal and should include a substitution of the publication date with either 'Unpublished results' or 'Personal communication'. Citation of a reference as 'in press' implies that the item has been accepted for publication.

Reference links

Increased discoverability of research and high quality peer review are ensured by online links to the sources cited. In order to allow us to create links to abstracting and indexing services, such as Scopus, CrossRef and PubMed, please ensure that data provided in the references are correct. Please note that incorrect surnames, journal/book titles, publication year and pagination may prevent link creation. When copying references, please be careful as they may already contain errors. Use of the DOI is highly encouraged.

A DOI is guaranteed never to change, so you can use it as a permanent link to any electronic article. An example of a citation using DOI for an article not yet in an issue is: VanDecar J.C., Russo R.M., James D.E., Ambeh W.B., Franke M. (2003). Aseismic continuation of the Lesser Antilles slab beneath northeastern Venezuela. *Journal of Geophysical Research*, <https://doi.org/10.1029/2001JB000884>. Please note the format of such citations should be in the same style as all other references in the paper.

Web references

As a minimum, the full URL should be given and the date when the reference was last accessed. Any further information, if known (DOI, author names, dates, reference to a source publication, etc.), should also be given. Web references can be listed separately (e.g., after the reference list) under a different heading if desired, or can be included in the reference list.

Data references

This journal encourages you to cite underlying or relevant datasets in your manuscript by citing them in your text and including a data reference in your Reference List. Data references should include the following elements: author name(s), dataset title, data repository, version (where available), year, and global persistent identifier. Add [dataset] immediately before the reference so we can properly identify it as a data reference. The [dataset] identifier will not appear in your published article.

References in a special issue

Please ensure that the words 'this issue' are added to any references in the list (and any citations in the text) to other articles in the same Special Issue.

Reference management software

Most Elsevier journals have their reference template available in many of the most popular reference management software products. These include all products that support [Citation Style Language styles](#), such as [Mendeley](#). Using citation plug-ins from these products, authors only need to select the appropriate journal template when preparing their article, after which citations and bibliographies will be automatically formatted in the journal's style. If no template is yet available for this journal, please follow the format of the sample references and citations as shown in this Guide. If you use reference management software, please ensure that you remove all field codes before submitting the electronic manuscript. [More information on how to remove field codes from different reference management software](#).

Users of Mendeley Desktop can easily install the reference style for this journal by clicking the following link:

<http://open.mendeley.com/use-citation-style/scientia-horticulturae>

When preparing your manuscript, you will then be able to select this style using the Mendeley plug-ins for Microsoft Word or LibreOffice.

Reference formatting

There are no strict requirements on reference formatting at submission. References can be in any style or format as long as the style is consistent. Where applicable, author(s) name(s), journal title/book title, chapter title/article title, year of publication, volume number/book chapter and the article number or pagination must be present. Use of DOI is highly encouraged. The reference style used by the journal will be applied to the accepted article by Elsevier at the proof stage. Note that missing data will be highlighted at proof stage for the author to correct. If you do wish to format the references yourself they should be arranged according to the following examples:

Reference style

Text: All citations in the text should refer to:

1. *Single author:* the author's name (without initials, unless there is ambiguity) and the year of publication;
2. *Two authors:* both authors' names and the year of publication;
3. *Three or more authors:* first author's name followed by 'et al.' and the year of publication.

Citations may be made directly (or parenthetically). Groups of references can be listed either first alphabetically, then chronologically, or vice versa.

Examples: 'as demonstrated (Allan, 2000a, 2000b, 1999; Allan and Jones, 1999)... Or, as demonstrated (Jones, 1999; Allan, 2000)... Kramer et al. (2010) have recently shown ...'

List: References should be arranged first alphabetically and then further sorted chronologically if necessary. More than one reference from the same author(s) in the same year must be identified by the letters 'a', 'b', 'c', etc., placed after the year of publication.

Examples:

Reference to a journal publication:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2010. The art of writing a scientific article. *J. Sci. Commun.* 163, 51–59. <https://doi.org/10.1016/j.Sc.2010.00372>.

Reference to a journal publication with an article number:

Van der Geer, J., Hanraads, J.A.J., Lupton, R.A., 2018. The art of writing a scientific article. *Heliyon*. 19, e00205. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2018.e00205>.

Reference to a book:

Strunk Jr., W., White, E.B., 2000. *The Elements of Style*, fourth ed. Longman, New York. Reference to a chapter in an edited book:

Mettam, G.R., Adams, L.B., 2009. How to prepare an electronic version of your article, in: Jones, B.S., Smith, R.Z. (Eds.), *Introduction to the Electronic Age*. E-Publishing Inc., New York, pp. 281–304.

Reference to a website:

Cancer Research UK, 1975. Cancer statistics reports for the UK. <http://www.cancerresearchuk.org/aboutcancer/statistics/cancerstatsreport/> (accessed 13 March 2003).

Reference to a dataset:

[dataset] Oguro, M., Imahiro, S., Saito, S., Nakashizuka, T., 2015. Mortality data for Japanese oak wilt disease and surrounding forest compositions. *Mendeley Data*, v1. <https://doi.org/10.17632/xwj98nb39r.1>.

Reference to software:

Coon, E., Berndt, M., Jan, A., Svyatsky, D., Atchley, A., Kikinzon, E., Harp, D., Manzini, G., Shelef, E., Lipnikov, K., Garimella, R., Xu, C., Moulton, D., Karra, S., Painter, S., Jafarov, E., & Molins, S., 2020. *Advanced Terrestrial Simulator (ATS) v0.88 (Version 0.88)*. Zenodo. <https://doi.org/10.5281/zenodo.3727209>.

Journal abbreviations source

Journal names should be abbreviated according to the [List of Title Word Abbreviations](#).

Video

Elsevier accepts video material and animation sequences to support and enhance your scientific research. Authors who have video or animation files that they wish to submit with their article are strongly encouraged to include links to these within the body of the article. This can be done in the same way as a figure or table by referring to the video or animation content and noting in the body text where it should be placed. All submitted files should be properly labeled so that they directly relate to the video file's content. In order to ensure that your video or animation material is directly usable, please provide the file in one of our recommended file formats with a preferred maximum size of 150 MB per file, 1 GB in total. Video and animation files supplied will be published online in the electronic version of your article in Elsevier Web products, including [ScienceDirect](#). Please supply 'stills' with your files: you can choose any frame from the video or animation or make a separate image. These will be used instead of standard icons and will personalize the link to your video data. For more detailed instructions please visit our [video instruction pages](#). Note: since video and animation cannot be embedded in the print version of the journal, please provide text for both the electronic and the print version for the portions of the article that refer to this content.

Data visualization

Include interactive data visualizations in your publication and let your readers interact and engage more closely with your research. Follow the instructions [here](#) to find out about available data visualization options and how to include them with your article.

Supplementary material

Supplementary material such as applications, images and sound clips, can be published with your article to enhance it. Submitted supplementary items are published exactly as they are received (Excel or PowerPoint files will appear as such online). Please submit your material together with the article and supply a concise, descriptive caption for each supplementary file. If you wish to make changes to supplementary material during any stage of the process, please make sure to provide an updated file. Do not annotate any corrections on a previous version. Please switch off the 'Track Changes' option in Microsoft Office files as these will appear in the published version.

Research data

This journal encourages and enables you to share data that supports your research publication where appropriate, and enables you to interlink the data with your published articles. Research data refers to the results of observations or experimentation that validate research findings. To facilitate reproducibility and data reuse, this journal also encourages you to share your software, code, models, algorithms, protocols, methods and other useful materials related to the project.

Below are a number of ways in which you can associate data with your article or make a statement about the availability of your data when submitting your manuscript. If you are sharing data in one of these ways, you are encouraged to cite the data in your manuscript and reference list. Please refer to the "References" section for more information about data citation. For more information on depositing, sharing and using research data and other relevant research materials, visit the [research data](#) page.

Data linking

If you have made your research data available in a data repository, you can link your article directly to the dataset. Elsevier collaborates with a number of repositories to link articles on ScienceDirect with relevant repositories, giving readers access to underlying data that gives them a better understanding of the research described.

There are different ways to link your datasets to your article. When available, you can directly link your dataset to your article by providing the relevant information in the submission system. For more information, visit the [database linking page](#).

For [supported data repositories](#) a repository banner will automatically appear next to your published article on ScienceDirect.

In addition, you can link to relevant data or entities through identifiers within the text of your manuscript, using the following format: Database: xxxx (e.g., TAIR: AT1G01020; CCDC: 734053; PDB: 1XFN).

Mendeley Data

This journal supports Mendeley Data, enabling you to deposit any research data (including raw and processed data, video, code, software, algorithms, protocols, and methods) associated with your manuscript in a free-to-use, open access repository. During the submission process, after uploading your manuscript, you will have the opportunity to upload your relevant datasets directly to *Mendeley Data*. The datasets will be listed and directly accessible to readers next to your published article online.

For more information, visit the [Mendeley Data for journals page](#).

Data in Brief

You have the option of converting any or all parts of your supplementary or additional raw data into a data article published in *Data in Brief*. A data article is a new kind of article that ensures that your data are actively reviewed, curated, formatted, indexed, given a DOI and made publicly available to all upon publication (watch this [video](#) describing the benefits of publishing your data in *Data in Brief*). You are encouraged to submit your data article for *Data in Brief* as an additional item directly alongside the revised version of your manuscript. If your research article is accepted, your data article will automatically be transferred over to *Data in Brief* where it will be editorially reviewed, published open access and linked to your research article on ScienceDirect. Please note an [open access fee](#) is payable for publication in *Data in Brief*. Full details can be found on the [Data in Brief website](#). Please use [this template](#) to write your *Data in Brief* data article.

MethodsX

You have the option of converting relevant protocols and methods into one or multiple MethodsX articles, a new kind of article that describes the details of customized research methods. Many researchers spend a significant amount of time on developing methods to fit their specific needs or setting, but often without getting credit for this part of their work. MethodsX, an open access journal, now publishes this information in order to make it searchable, peer reviewed, citable and reproducible. Authors are encouraged to submit their MethodsX article as an additional item directly alongside the revised version of their manuscript. If your research article is accepted, your methods article will automatically be transferred over to MethodsX where it will be editorially reviewed. Please note an open access fee is payable for publication in MethodsX. Full details can be found on the [MethodsX website](#). Please use [this template](#) to prepare your MethodsX article.

Data statement

To foster transparency, we encourage you to state the availability of your data in your submission. This may be a requirement of your funding body or institution. If your data is unavailable to access or unsuitable to post, you will have the opportunity to indicate why during the submission process, for example by stating that the research data is confidential. The statement will appear with your published article on ScienceDirect. For more information, visit the [Data Statement page](#).

AFTER ACCEPTANCE

Online proof correction

To ensure a fast publication process of the article, we kindly ask authors to provide us with their proofcorrections within two days. Corresponding authors will receive an e-mail with a link to our online proofing system, allowing annotation and correction of proofs online. The environment is similar to MS Word: in addition to editing text, you can also comment on figures/tables and answer questions from the Copy Editor. Web-based proofing provides a faster and less error-prone process by allowing you to directly type your corrections, eliminating the potential introduction of errors.

If preferred, you can still choose to annotate and upload your edits on the PDF version. All instructions for proofing will be given in the e-mail we send to authors, including alternative methods to the online version and PDF.

We will do everything possible to get your article published quickly and accurately. Please use this proof only for checking the typesetting, editing, completeness and correctness of the text, tables and figures. Significant changes to the article as accepted for publication will only be considered at this stage with permission from the Editor. It is important to ensure that all corrections are sent back to us in one communication. Please check carefully before replying, as inclusion of any subsequent corrections cannot be guaranteed. Proofreading is solely your responsibility.

Offprints

The corresponding author will, at no cost, receive a customized [Share Link](#) providing 50 days free access to the final published version of the article on [ScienceDirect](#). The Share Link can be used for sharing the article via any communication channel, including email and social media. For an extra charge, paper offprints can be ordered via the offprint order form which is sent once the article is accepted for publication. Both corresponding and co-authors may order offprints at any time via Elsevier's [Author Services](#). Corresponding authors who have published their article gold open access do not receive a Share Link as their final published version of the article is available open access on ScienceDirect and can be shared through the article DOI link.

AUTHOR INQUIRIES

Visit the [Elsevier Support Center](#) to find the answers you need. Here you will find everything from Frequently Asked Questions to ways to get in touch.

You can also [check the status of your submitted article](#) or find out [when your accepted article will be published](#).