

Morfofisiologia de plantas de pimentão com uso de cobertura vegetal no solo

Morphophysiology of sweet pepper plants using ground cover plants

Pamela Stephany Jennings Cunha^{1*} (0000-0002-4534-5278), **Eduardo Pradi Vendruscolo**¹ (0000-0002-3404-8534), **Thales Oliveira Araújo**¹ (0009-0001-3449-2408), **Murilo Battistuzzi Martins**¹ (0000-0002-8759-0917), **Fernanda Cristina Silva Ribeiro**¹ (0000-0002-6917-7934), **Sebastião Ferreira de Lima**² (0000-0001-5693-912X), **Cássio de Castro Seron**¹ (0000-0003-4289-931X)

¹Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Cassilândia, MS, Brasil. *Autor para correspondência: pamelajennings18@hotmail.com

²Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Chapadão do Sul, MS, Brasil.

Submissão: 17/08/2022 | Aceite: 13/12/2022

RESUMO

Mundialmente, a produção de hortaliças, incluindo os pimentões, está relacionada ao manejo intensivo do solo e, conseqüentemente, à degradação do mesmo. A implantação de manejos conservacionistas têm se intensificado para a redução dos danos resultantes da produção de manejo convencional. Neste sentido, objetivo do estudo foi de avaliar o desenvolvimento e produtividade do pimentão cultivado em sistema de plantio direto sobre diferentes coberturas vegetais, indicando as espécies com maior potencial para essa utilização. Para tanto, os tratamentos utilizados foram: Controle (manejo convencional); milheto; crotalária; combinação de coberturas (milheto e crotalária) e plantas espontâneas. As variáveis avaliadas foram: fotossíntese líquida, condutância estomática, concentração de CO₂, transpiração, eficiência do uso da água, eficiência instantânea de carboxilação e produtividade. Verificou-se que todas as coberturas, melhoraram as características de comprimento e massa de fruto. No quesito de número de frutos por planta e produtividade a cobertura mix superou o restante. A cobertura com plantas espontâneas resultou em maiores concentração intracelular, condutância estomática e transpiração, enquanto que o tratamento mix possibilitou a obtenção de maior valor de fotossíntese líquida, eficiência do uso da água e eficiência instantânea de carboxilação. O maior incremento na produção e capacidade fotossintética ocorreu na utilização de milheto e crotalária.

PALAVRAS-CHAVE: sustentabilidade, proteção do solo, *Capsicum annuum* L.

ABSTRACT

Worldwide, the production of vegetables, including peppers, is related to intensive soil management and, consequently, to soil degradation. The implementation of conservationist managements has been intensified to reduce the damage resulting from the production of conventional management. In this sense, the objective of the study was to evaluate the development and productivity of sweet pepper grown in a no-tillage system under different vegetation cover, indicating the species with the greatest potential for this use. Therefore, the treatments used were: Control (conventional management); millet; sunn hemp; combination of cover crops (millet and sunn hemp) and spontaneous plants. The variables evaluated were: net photosynthesis, stomatal conductance, CO₂ concentration, transpiration, water use efficiency, instantaneous carboxylation efficiency and productivity. It was found that all coverages improved the characteristics of length and fruit mass. In terms of number of fruits per plant and productivity, the mix coverage surpassed the rest. Coverage with weeds resulted in higher intracellular concentration, stomatal conductance and transpiration, while the mix treatment made it possible to obtain higher net photosynthesis value, water use efficiency and instantaneous carboxylation efficiency. The greatest increase in production and photosynthetic capacity occurred in the use of millet and sunn hemp.

KEYWORDS: sustainability, soil protection, *Capsicum annuum* L.

INTRODUÇÃO

A produção de hortaliças está vinculada ao uso intensivo do solo devido ao elevado número de ciclos produtivos, o que acaba por degradar as características físicas, químicas e biológicas do solo e, conseqüentemente, tornar o sistema menos produtivo (WANG X et al. 2020, LU et al. 2021, CHAVEIRO et al. 2022). Em contrapartida, sistemas alternativos de produção de hortaliças têm sido explorados com sucesso, resultando em alta qualidade final dos produtos, adequada rentabilidade e proteção aos recursos ambientais (PACHECO et al. 2021, TORRES et al. 2015).

A manutenção da palhada sobre o solo é um exemplo de prática conservacionista e que possui potencial para produção de hortaliças. A presença da cobertura proporciona melhores condições para a atividade dos microrganismos edáficos, possibilita manutenção da umidade, diminui a erosão física e química do solo, entre outros (CARDOSO et al. 2012, VENDRUSCOLO et al. 2021). No entanto, frente ao grande número de espécies com potencial para exploração, são necessários estudos específicos que apontem os benefícios e os entraves da aplicação desta forma de manejo, principalmente quanto à espécie antecessora, uma vez que são observados efeitos negativos, tal como a alelopatia, o que pode resultar em perda da produtividade (VENDRUSCOLO et al. 2017).

O pimentão (*Capsicum annuum* L.) é uma hortaliça rica em vitaminas e sais minerais e uma das dez de maior importância econômica no mercado nacional (KABIR et al. 2021), está entre as dez hortaliças mais importantes no Brasil, sendo a terceira *solanaceae* mais cultivada, atrás apenas do tomate e batata (LOPES et al. 2018). Com alta demanda no setor culinário, os pimentões, possuem expressividade, sendo cultivados no mundo todo e tendo principais produtores, países dos continentes asiático, europeu e americano (FAO 2017). No entanto, o cultivo de pimentão está ligado à uma intensa modificação das características do solo e à emissão de gases de efeito estufa, as quais podem ser drasticamente afetadas conforme o sistema de manejo implantado (WANG et al. 2020, CHAVEIRO et al. 2022).

Analises de desenvolvimento possibilitam estimar a atuação de certo genótipo acerca dos diferentes sistemas de cultivo, influenciados pelo manejo, clima e até pela própria fisiologia da cultura. Os indicadores compreendidos na análise de crescimento, como índice de área foliar, taxas de crescimento da cultura e assimilação líquida (SILVA et al. 2010) apontam a habilidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar e alocar a matéria orgânica nos vários órgãos que precisam da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados dos sítios de fixação de carbono nas áreas de aproveitamento ou de acumulação, onde acontece o crescimento e a diferenciação dos órgãos (LOPES et al. 2011). O índice de crescimento da cultura é determinado pela variação da biomassa seca com o tempo e representa a capacidade de produção (CARVALHO et al. 2011).

Tendo em vista a hipótese de efeito benéfico do sistema de plantio direto de hortaliças em condições de bioma Cerrado e a necessidade por metodologias que favoreçam a obtenção de uma maior lucratividade, aliada ao menor dano ao meio ambiente, o objetivo do estudo foi avaliar o desenvolvimento e produtividade do pimentão cultivado em sistema de plantio direto sobre diferentes coberturas vegetais, indicando as espécies com maior potencial para essa utilização.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi implantado e conduzido nas dependências da Fazenda Experimental da Universidade Estadual de Mato Grosso do Sul, Unidade de Cassilândia (Coordenadas 19°05'46"S e 51°48'50"O e altitude de 521 m em relação ao nível do mar). Segundo classificação de Köppen, o clima da região é do tipo tropical chuvoso (Aw), com verão chuvoso e inverno seco (precipitação no inverno menor que 60 mm), com precipitação e temperatura média anual de 1.520 mm e 24,1 °C, respectivamente (IVASKO JÚNIOR et al. 2020).

As atividades foram iniciadas em dezembro de 2020 e se estenderam até agosto de 2021, ocorrendo a coleta dos dados climáticos em estação climatológica, instalada em campo, da Marca - Ambient Weather e Modelo W-2000 instalada na área experimental (Figura 1).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso com cinco tratamentos e quatro repetições, totalizando 20 parcelas experimentais. Os tratamentos foram constituídos por diferentes plantas de cobertura: controle (manejo convencional); plantas espontâneas, milheto, crotalária e a combinação entre milheto e crotalária (mix). No tratamento compreendido pelas plantas espontâneas a comunidade foi formada predominantemente por *Cenchrus echinatus*, *Portulaca oleracea*, *Eleusine indica* e *Indigofera hirsuta* e presenças isoladas de *Commelia benghalensis* e *Conyza bonariensis*.

Para a análise química do solo dos canteiros, antes da implantação do experimento, foram verificadas as seguintes características físico-químicas: pH (CaCl₂): 5,0, teores de Ca²⁺: 2,4 cmolc dm⁻³, Mg²⁺: 1,4 cmolc dm⁻³ e K⁺: 0,3 cmolc dm⁻³ trocáveis, P (resina): 14,0 mg dm⁻³ disponível, Matéria Orgânica: 13,0 g dm⁻³

$^{3-}$, Al^{3+} : 0,0 cmolc dm^{-3} , $H+Al$: 1,7 cmolc dm^{-3} , Capacidade de troca de cátions: 5,8 cmolc dm^{-3} , Saturação por bases: 71%, Areia: 83,0%, Silte: 2,5% e Argila: 14,5% (EMBRAPA 2017).

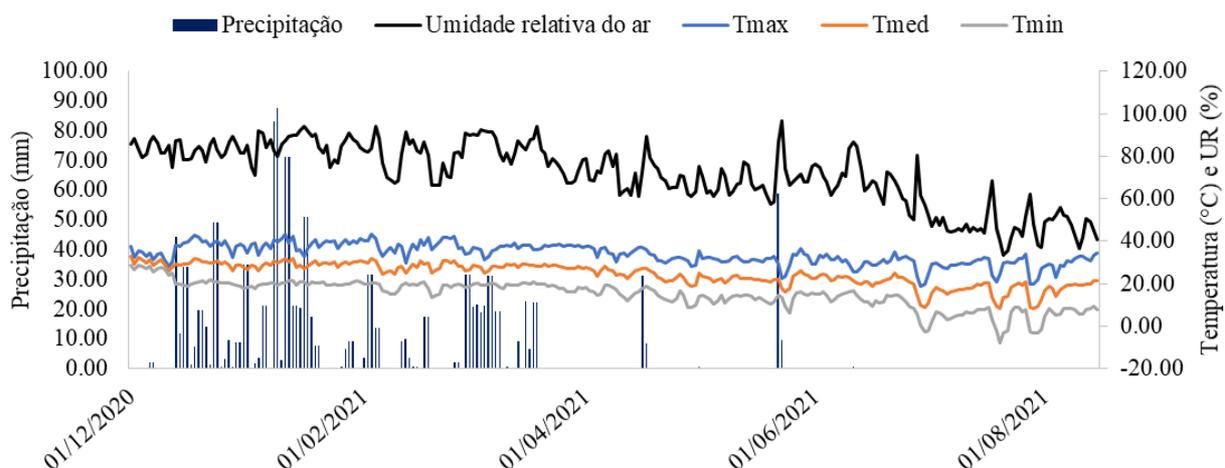


Figura 1. Condições climáticas de precipitação, umidade relativa do ar e temperatura máxima, média e mínima durante o período de condução do estudo.

Figure 1. Climatic conditions of precipitation, relative air humidity and maximum, average and minimum temperature during the study period.

Cada parcela composta por canteiros com dimensões de 2,40 x 1,25 m (3,0 m²) e foram formados por sete plantas de pimentão, em espaçamento de 0,40 m entre plantas e 1,00 entre linhas (FILGUEIRA 2008). Para obtenção da parcela útil foram avaliadas quatro plantas da porção central de cada parcela, excluindo-se as duas plantas das extremidades, utilizadas como bordadura.

As plantas de cobertura foram semeadas no mês de dezembro de 2020, período em que há adequada distribuição de chuvas, favorecendo o desenvolvimento das plantas. Estas foram conduzidas por um período de 75 dias, quando foram dessecadas com herbicida (glifosato) e cortadas por meio de roçagem, sendo depositadas homogêneas sobre os canteiros. Após a deposição das coberturas, respeitou-se um período de 45 dias até a implantação da cultura do pimentão.

As mudas de pimentão, cv. Ikeda foram obtidas em empresa certificada para a produção de mudas, garantindo a qualidade morfofisiológica e a sanidade destas. No momento do transplante as mudas possuíam de quatro a cinco folhas e torrões bem formados, contendo as raízes, os quais foram depositados em covas abertas nos canteiros, de forma que cobrissem totalmente os torrões (FILGUEIRA 2008).

Previamente ao transplante das mudas, visando à quantificação da palhada sobre os canteiros, utilizou-se um gabarito com área conhecida, sob o qual foi coletado todo o material proveniente das plantas de cobertura. Em seguida, o material foi levado à estufa de circulação forçada de ar a 65°C até a obtenção de massa constante sendo posteriormente pesado em balança semi-analítica e valor extrapolado para uma área de um hectare (10.000 m²).

Para a adubação de cobertura das plantas foram aplicados 60 kg ha⁻¹ de N e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, os quais foram divididos em três aplicações, aos 25, aos 45 e aos 60 dias após o transplante (FILGUEIRA 2008).

A irrigação foi realizada por meio de microaspersão, mantendo-se o solo na capacidade de campo, a intensidade de aplicação foi igual a 8,7 mm h⁻¹, equivalente a 0,14 mm min⁻¹, logo, dividindo a ET_c (obtido ETo através da estação meteorológica instalada próxima a área experimental multiplicando o coeficiente da cultura) pela intensidade de aplicação estabeleceu os tempos de irrigação necessária para a cultura diariamente. Enquanto que a colheita foi realizada de forma manual, cortando-se o pedúnculo que liga o fruto à planta.

Durante o cultivo não houve a ocorrência de pragas ou doenças que justificassem a utilização de defensivos, e as plantas daninhas foram controladas manualmente, em intervalos de 20 dias.

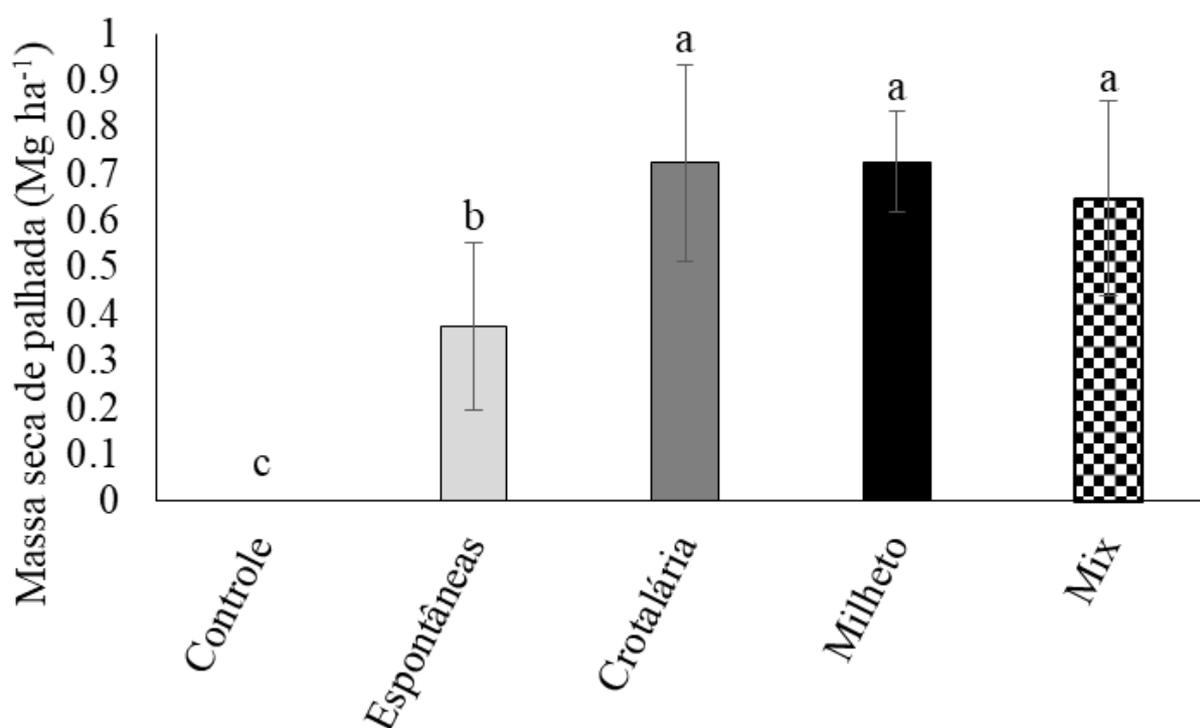
Sessenta dias após o transplante das mudas foram avaliadas as características de fotossíntese líquida (*A*), condutância estomática (*gS*), concentração de CO₂ intracelular (*C_i*) e transpiração (*E*) entre 8 e 10 horas da manhã, quando as plantas estão em plena atividade de troca gasosa, utilizando-se um medidor de fotossíntese portátil (LCi, ADC Bioscientific, Hertfordshire, Reino Unido) e foi calculada a eficiência do uso da água (*A/gS*) e a eficiência instantânea de carboxilação (*A/C_i*).

No momento em que foram observadas as características do ponto de colheita comercial dos frutos, iniciaram-se as colheitas, as quais ocorreram de junho a outubro. Destes frutos colhidos foram avaliadas as características de comprimento dos frutos, através da medida com paquímetro digital no sentido longitudinal do fruto, número de frutos por planta e massa fresca de frutos, obtida em balança semi-analítica com quatro casas decimais. A produtividade foi calculada com base em uma população de 26.700 plantas ha⁻¹.

Os dados foram submetidos aos testes preliminares de normalidade e homocedasticidade. Como os dados de todas as variáveis apresentaram distribuição normal e variâncias homogêneas, estes foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott a 5% de probabilidade, utilizando o aplicativo estatístico Sisvar 2014.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Verificou-se que as espécies cultivadas resultaram em maior massa de cobertura sobre o solo, tanto em relação às plantas espontâneas quanto ao tratamento controle (Figura 2).



Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

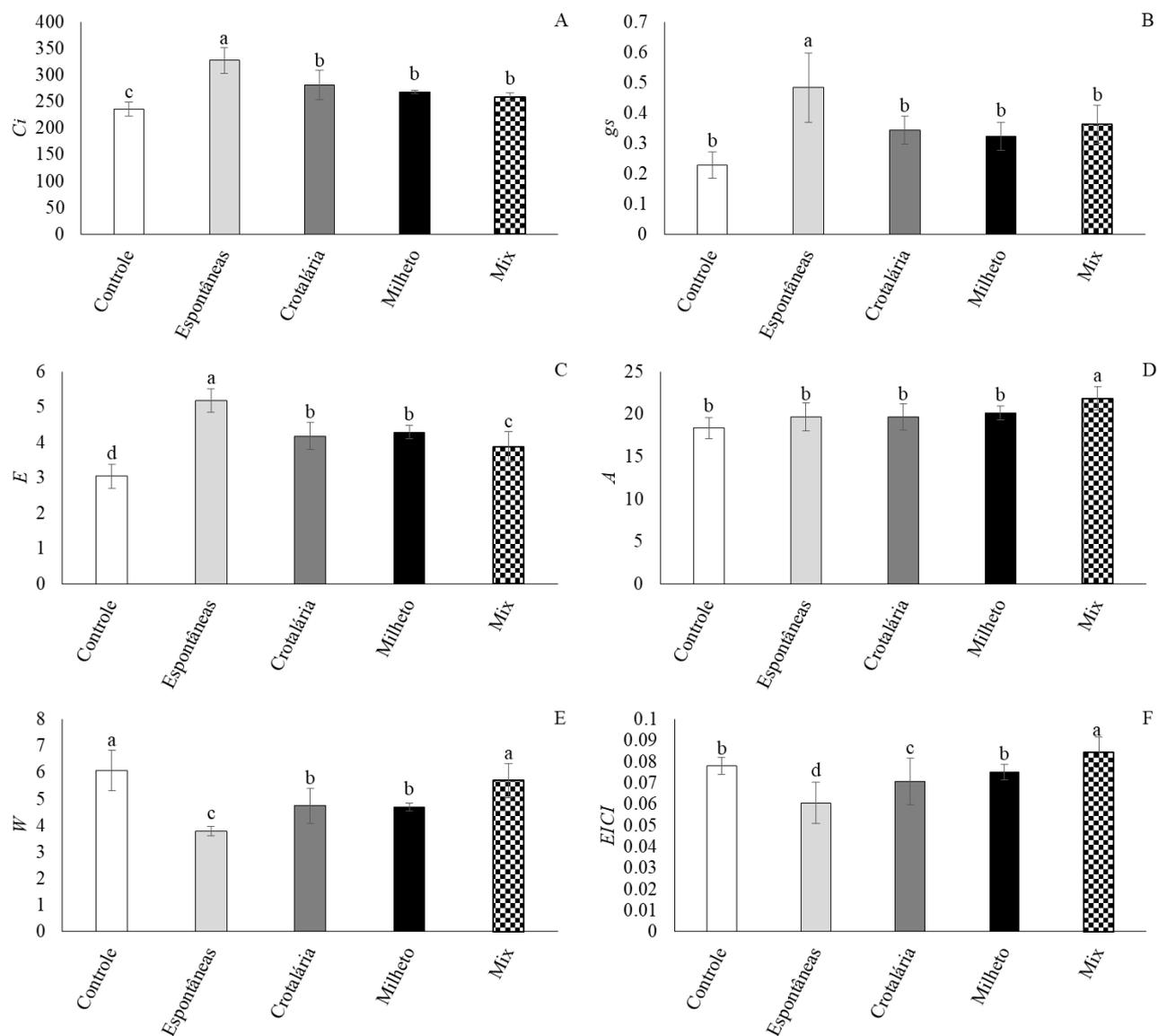
Figura 2. Massa seca de palhada de diferentes plantas de cobertura.

Figure 2. Dry mass of straw from different cover crops.

A cobertura com resíduos vegetais de plantas espontâneas resultou em maiores valores de concentração intracelular de CO₂ (*C_i*), condutância estomática (*g_S*) e transpiração (*E*) das plantas de pimentão (Figura 3A, B, C), enquanto que o tratamento mix possibilitou a obtenção de maior valor de fotossíntese líquida (*A*) (Figura 3D). Constatou-se a superioridade dos tratamentos controle e mix para a eficiência do uso da água (*WUE*) (Figura 3E) e apenas do tratamento mix para a eficiência instantânea de carboxilação (*EIC_i*) (Figura 3F).

Verificou-se que todos os tratamentos contendo palhadas influenciaram positivamente as características de comprimento e massa de fruto (Figura 4A, C). No entanto, constatou-se que para o número de frutos por planta e para a produtividade o tratamento contendo o mix de coberturas superou os demais (Figura 4B, D).

A correlação linear de Pearson revelou uma correlação positiva entre todas as características produtivas, assim como entre as características fisiológicas *c_i*, *E* e *g_S*. No entanto, apenas a característica fisiológica *A* teve correlação positiva com as características produtivas de número de frutos e produtividade. Em complemento, para a variável massa seca de palhada sobre o solo constatou-se correlação positiva com todas as características produtivas e com *A*. Correlações negativas foram verificadas apenas para a variável *WUE* em relação ao comprimento de fruto, às características fisiológicas de *C_i*, *E* e *g_S* e à massa seca de palhada sobre o solo (Tabela 1).



Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Figura 3. (A) Concentração intracelular de CO_2 , (B) condutância estomática, (C) transpiração, (D) fotossíntese líquida, (E) eficiência do uso da água e (F) eficiência instantânea de carboxilação em plantas de pimentão cultivado em sistema de plantio direto sobre diferentes resíduos vegetais.

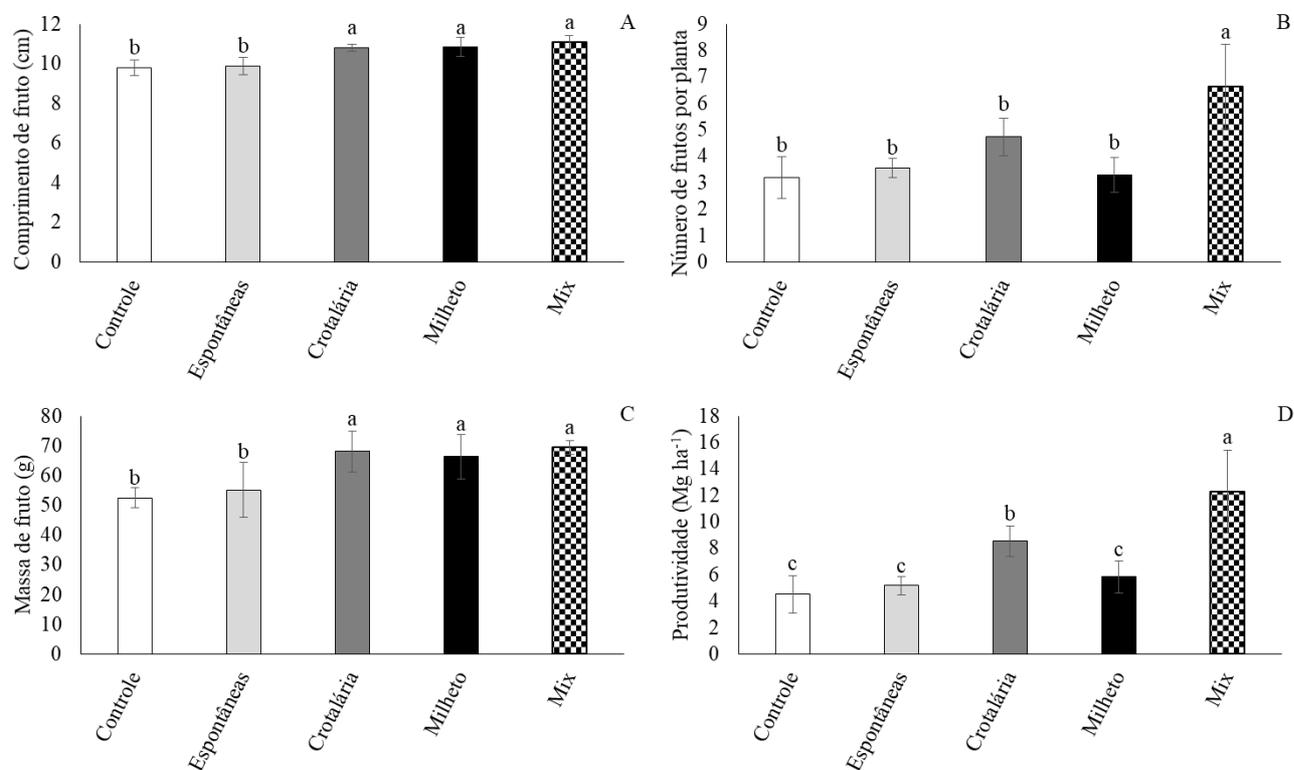
Figure 3. (A) Intracellular CO_2 concentration, (B) stomatal conductance, (C) transpiration, (D) net photosynthesis, (E) water use efficiency and (F) instantaneous carboxylation efficiency in sweet pepper plants grown in no-tillage system on different plant residues.

A presença de plantas de cobertura durante o período das chuvas tem efeito benéfico quanto à diminuição de perdas, tanto das partículas de solo quanto da sua fertilidade. Esse efeito também ocorre quando há a manutenção de plantas espontâneas, podendo ser usados como estratégias culturais (CARVALHO et al. 2018). No entanto, para a formação das palhadas, o predomínio de espécies de porte pequeno e de rápida decomposição, resultam em menor permanência de palhada após serem depositadas sobre o solo, o que diminui sua contribuição para o cultivo da espécie subsequente (OLIVEIRA et al. 2016).

Apesar de não haver diferença significativa entre os tratamentos controle e mix para a eficiência do uso da água, verifica-se que esse aumento em relação aos demais tratamentos é proveniente de condições diferentes. Nesse sentido, para o tratamento mix é verificada a elevada capacidade fotossintética das plantas, o que melhora o aproveitamento dos substratos, como o CO_2 , absorvidos, enquanto que a maior WUE no tratamento controle se deve ao seu menor g_s , em comparação as plantas espontâneas e conseqüentemente, menor E em relação aos demais tratamentos (PAZZAGLI et al. 2016).

A menor condutância estomática, observada no tratamento controle, se deve ao estresse causado pela maior perda de água por evaporação quando não há proteção das coberturas vegetais, mesmo tendo

vido irrigado diariamente (BUESA et al. 2021), intensificada pelas condições edafoclimáticas do local do experimento, tais como solo arenoso e elevada temperatura do ar (AN et al. 2018, HATFIELD & DOLD 2019), sendo assim notamos que as coberturas melhoram o aproveitamento da umidade. Segundo BERGAMASCHI & MATZENAUER (2014) há uma relação direta entre a radiação solar e a condutância estomática, em que acima de 500 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ de RFA incidente o incremento da condutância diminui.



Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott-Knott, a 5% de probabilidade.

Figura 4. (A) Comprimento de fruto, (B) número de frutos por planta, (C) massa de fruto e (D) produtividade de pimentão cultivado em sistema de plantio direto sobre diferentes resíduos vegetais.

Figure 4. (A) Fruit length, (B) number of fruits per plant, (C) fruit mass and (D) yield of sweet pepper grown under no-tillage system on different plant residues.

Tabela 1. Correlação de Pearson entre características produtivas e fisiológicas de plantas de pimentão cultivado em sistema de plantio direto sobre diferentes resíduos vegetais.

Table 1. Pearson's correlation between productive and physiological characteristics of sweet pepper plants grown under no-tillage system on different plant residues.

	CF	MF	NF	PROD	Ci	E	gS	A	WUE	MSP
CF	1.000	0.845	0.483	0.623	-0.109	-0.085	-0.135	0.245	-0.381	0.688
MF		1.000	0.445	0.646	0.082	0.066	0.063	0.282	-0.373	0.646
NF			1.000	0.968	-0.091	-0.056	0.098	0.408	-0.003	0.563
PROD				1.000	-0.064	-0.050	0.087	0.402	-0.086	0.630
Ci					1.000	0.816	0.778	-0.116	-0.552	0.072
E						1.000	0.793	0.242	-0.581	0.304
gS							1.000	0.240	-0.461	0.184
A								1.000	0.103	0.531
WUE									1.000	-0.445
MSP										1.000
			***	**	*	*	**	***		

***, ** e * = significativo a 1%, 5% e 10%, respectivamente; CF = comprimento de fruto; MF = massa de fruto; NF = número de frutos; PROD = produtividade; C_i = concentração intracelular de CO_2 ; E = transpiração; gS = trocas gasosas; A = fotossíntese líquida; W = eficiência do uso da água; MSP = massa seca de palhada sobre o solo.

A correlação negativa entre WUE e massa seca de palhada sobre o solo evidencia a melhor condição hídrica do sistema quando vinculado ao uso das palhadas. Pois, a permanência da palhada como barreira física sobre o solo dificulta a perda de água através da evaporação. Maiores teores de água no solo resultam na manutenção da atividade fisiológica das plantas, incluindo a capacidade fotossintética. Desta maneira, o resultado verificado na correlação (Tabela 1), em que o aumento da massa seca de palhada sobre o solo incrementa as características produtivas das plantas de pimentão, estão vinculadas à manutenção das variáveis fisiológicas, evidenciadas pela correlação negativa entre WUE e C_i , E e gS.

Resultados similares foram obtidos para plantas de pimentão irrigadas com volumes crescentes de água. Nesse sentido, foi verificado que o incremento das lâminas de irrigação, até valores próximos a 100% da ETc, resultaram em decréscimo da WUE e incremento da A e da gS. Também, os teores de nutrientes nos órgãos vegetais e as características produtivas acompanharam os incrementos observados para as características fisiológicas (DÍAZ-PÉREZ & HOOK 2017, KABIR et al. 2021). A funcionalidade do fotossistema II também é afetada positivamente pela adequada disponibilidade de água no solo, assim como pela presença de cobertura do solo, elevando a capacidade das plantas em assimilar o carbono atmosférico (ROCHA et al. 2018).

Também, os ganhos produtivos observados para o tratamento mix, seguido pela crotalária, podem estar relacionados à maior velocidade de decomposição da palhada da crotalária, a qual prontamente libera os nutrientes ao solo, tornando-os assimiláveis para as plantas de pimentão (VENDRUSCOLO et al. 2017). Também, a presença de coberturas formadas por espécies leguminas possibilita a maior disponibilidade de nitrogênio através da fixação biológica e do seu acúmulo nos tecidos (SOUSA et al. 2019). Já com relação as gramíneas sua contribuição vem da formação de palhada, que mesmo em condições de altas temperaturas e umidade, o material apresenta maior tempo de decomposição, Assim a palhada permanece no solo, fornecendo proteção física, umidade e contribuindo para o aumento dos teores de carbono orgânico no solo (ROSSI et al. 2013, CHAVEIRO et al. 2022).

Isso fica evidente pela correlação positiva entre as características produtivas de número de frutos e produtividade com a fotossíntese líquida, pois a maior capacidade fotossintética resulta em maior produção de fotoassimilados (GAGO et al. 2016), utilizados pelas plantas na manutenção do número e no desenvolvimento dos frutos.

CONCLUSÃO

A utilização conjunta de milho e crotalária para a formação de coberturas vegetais sobre o solo, em sistemas de plantio direto para a cultura de pimentão, possibilitam incrementos da capacidade fotossintética e da produtividade de frutos.

Em relação ao uso individual de coberturas no solo, a aplicação de crotalária proporcionou melhorias na produtividade quando comparado ao solo descoberto no tratamento controle e ao uso individual das plantas espontâneas e do milho.

O emprego de cobertura de solo de plantas espontâneas em áreas de cultivo de pimentão demonstrou-se eficiente para as características concentração intracelular de CO_2 , condutância estomática e transpiração.

REFERÊNCIAS

- AN N et al. 2018. Effects of soil characteristics on moisture evaporation. *Engineering geology* 239: 126-135.
- BERGAMASCHI H & MATZENAUER R. 2014. O Milho e o Clima. Porto Alegre: Emater/RS – Ascar. 84p.
- BUESA I et al. 2021. Soil management in semi-arid vineyards: Combined effects of organic mulching and no-tillage under different water regimes. *European Journal of Agronomy* 123: 126-198.
- CARDOSO DP et al. 2012. Plantas de cobertura no controle das perdas de solo, água e nutrientes por erosão hídrica. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 16: 632-638.
- CARVALHO DF et al. 2018. Carrot yield and water-use efficiency under different mulching, organic fertilization and irrigation levels. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 7: 445-450.
- CARVALHO FP et al. 2011. Alocação de matéria seca e capacidade competitiva de cultivares de milho com plantas daninhas. *Planta Daninha* 2: 373-382.
- CHAVEIRO AC et al. 2022. Soil physical and chemical quality on no tillage cultivated with vegetables – A review. *Research, Society and Development* 11: 1-12.
- DÍAZ-PÉREZ JC & HOOK JE. 2017. Plastic-mulched bell pepper (*Capsicum annuum* L.) plant growth and fruit yield and quality as influenced by irrigation rate and calcium fertilization. *HortScience* 52: 774-781.

- EMBRAPA. 2017. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - Centro Nacional de Pesquisas de Solos. Manual de métodos de análises de solos. 3.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 577p.
- FAO. 2017. Food and Agriculture Organization & World Health Organization (WHO). Food safety risk analysis. A guide for national food safety authorities. Rome: FAO. 102p.
- FILGUEIRA FAR. 2008. Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças. Viçosa: UFV. 3.ed. 421p.
- GAGO J et al. 2016. Relationships of leaf net photosynthesis, stomatal conductance, and mesophyll conductance to primary metabolism: a multispecies meta-analysis approach. *Plant physiology* 171: 265-279.
- HATFIELD JL & DOLD C. 2019. Water-use efficiency: advances and challenges in a changing climate. *Frontiers in Plant Science* 10: 103.
- IVASKO JÚNIOR S et al. 2020. Classificação do estado de mato grosso do sul segundo sistema de zonas de vida de holdridge. *Revista Brasileira de Climatologia* 26: 629-645.
- KABIR MY et al. 2021. Effect of irrigation level on plant growth, physiology and fruit yield and quality in bell pepper (*Capsicum annuum* L.). *Scientia Horticulturae* 281: 109902.
- LOPES SM et al. 2018. Avaliação de frutos de pimentão submetidos ao ensacamento no cultivo orgânico. *Revista da Universidade Vale do Rio Verde* 16: 1-11.
- LOPES WAR et al. 2011. Análise do crescimento de tomate 'SM-16' cultivado sob diferentes coberturas de solo. *Horticultura Brasileira* 29: 554-561.
- LU M et al. 2021. Significant soil degradation is associated with intensive vegetable cropping in a subtropical area: a case study in southwestern China. *Soil* 7: 333-346.
- OLIVEIRA RAD et al. 2016. Cover crops effects on soil chemical properties and onion yield. *Revista Brasileira de Ciência do Solo* 40: 1-17.
- PACHECO BRO et al. 2021. Classificação comercial e caracterização físico-química de beterrabas oriundas de sistema de plantio direto de hortaliças sob diferentes densidades de palhada de milho. *Revista Iberoamericana de Tecnología Postcosecha* 22: 2012-2225.
- PAZZAGLI PT et al. 2016. Effects of CO₂ elevation and irrigation regimes on leaf gas exchange, plant water relations, and water use efficiency of two tomato cultivars. *Agricultural Water Management* 169: 26-33.
- ROCHA PA et al. 2018. Bell pepper cultivation under different irrigation strategies in soil with and without mulching. *Horticultura Brasileira* 36: 453-460.
- ROSSI CQ et al. 2013. Decomposição e liberação de nutrientes da palhada de braquiária, sorgo e soja em áreas de plantio direto no cerrado goiano. *Ciências Agrárias* 34: 1523-1534.
- SILVA PIB et al. 2010. Crescimento de pimentão em diferentes arranjos espaciais. *Pesquisa Agropecuária Brasileira* 45: 132- 139.
- SOUSA DC et al. 2019. Dry mass accumulation, nutrients and decomposition of cover plants. *Journal of Agricultural Science* 11: 152-160.
- TORRES JLR et al. 2015. Desempenho da alface americana e do repolho sobre diferentes resíduos vegetais. *Global Science and Technology* 8: 87-95.
- VENDRUSCOLO EP et al. 2017. Análise econômica da produção de alface crespa em cultivo sucessivo de plantas de cobertura em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias* 12: 458-463.
- VENDRUSCOLO EP et al. 2021. Performance of lettuce under influence of different soil covers and planting spacing. *Revista de Agricultura Neotropical* 8: e5850.
- WANG X et al. 2020. Cutting carbon footprints of vegetable production with integrated soil-crop system management: A case study of greenhouse pepper production. *Journal of Cleaner Production* 254: 120158.