Interceptação da radiação solar em função do arranjo espacial e períodos de híbridos de milho

Frederico Márcio Corrêa Vieira[1], Érick Vinícius Pellizzari[2], Daniele Cristina Parthey[3], Vanderson Vieira Batista[4]

[1]Professor Adjunto. Coordenador do Grupo de Estudos em Biometeorologia (GEBIOMET), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. E-mail: fredericovieira@utfpr.edu.br
[2]Graduando em Agronomia. Membro do Grupo de Estudos em Biometeorologia (GEBIOMET), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. E-mail: pellizzari.erick@gmail.com
[3]Graduanda em Agronomia. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. E-mail: dannyparthey2015@gmail.com
[4] Mestrando em Agronomia. Programa de Pós-Graduação em Agroecossistemas (PPGSIS), Universidade Tecnológica Federal do Paraná. E-mail: vandersonvbatista@hotmail.com

Resumo: O milho é a segunda commodity agrícola mais produzida no Brasil, ficando atrás apenas da soja, logo, apresenta grande importância para a economia nacional. Porém, é sensível aos efeitos do ambiente e responsivo às técnicas de manejo. Nesse sentido, o presente trabalho teve o objetivo de avaliar se a interceptação de radiação solar é alterada por diferentes arranjos espaciais e períodos de cultivos de híbridos de milho. O trabalho foi conduzido na Estação Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Dois Vizinhos na safra agrícola 2016/2017. O experimento foi montado em esquema trifatorial 4x3x2, onde foram cultivados dois híbridos de milho, P30F53 e P1630, submetidos a três arranjos espaciais de semeadura: linhas simples de 60 cm entre linhas, linhas duplas de 60x30 cm entre linhas e linhas simples de 45 cm entre linhas. O terceiro fator a ser considerado foi o ciclo da cultura, subdividido em 4 períodos principais: P1, emergência até 12 folhas completamente desenvolvidas (V12); P2, V12 até início de polinização; P3, polinização até grão leitoso (R3) e P4, grão leitoso até maturação fisiológica. Foram feitas leituras semanais da radiação solar global e radiação fotossinteticamente ativa após a emergência do milho, utilizando os sensores SP 212 (Apogee) e S-LIA-M003 (Onset), respectivamente. Não houve diferença na interceptação de radiação solar e radiação fotossinteticamente ativa entre os arranjos espaciais de plantas, indicando que a realização desse manejo cultural pode ser dispensada para a cultura do milho. Durante as fases iniciais de desenvolvimento da cultura não houve variação na interceptação das radiações estudadas, somente após o início do período reprodutivo houve diferença para o fator período. O fator híbrido também apresentou diferença após a cultura entrar em florescimento, sendo o material P30F53 de maior capacidade de interceptação de radiação na densidade populacional estudada. A maior eficiência de interceptação do híbrido P30F53 é dada pelo maior ângulo de inserção da folha em relação ao caule quando comparado ao híbrido P1630, visto que esse último trata-se de material mais jovem, adaptado à altas populações de plantas. Existe relação diretamente proporcional entre radiação solar global e radiação fotossinteticamente ativa, uma vez que as variáveis se comportaram da mesma maneira entre os tratamentos.

Palavras-chaves: Linhas duplas, microclima, radiação fotossinteticamente ativa, agrometeorologia dos cultivos.

Os autores deste trabalho são os únicos responsáveis por seu conteúdo e são os detentores dos direitos autorais e de reprodução. Este trabalho não reflete necessariamente o posicionamento oficial da Sociedade Brasileira de Biometeorologia (SBBiomet).

The authors of this paper are solely responsible for its content and are the owners of its copyright. This paper does not necessarily reflect the official position of the Brazilian Society of Biometeorology (SBBiomet).

DOI: 10.6084/m9.figshare.5181319

Introdução

O milho é o cereal mais importante para a economia brasileira. Segundo a CONAB (2017), é estimado que a safra 2016/2017 atinja produção total superior a 90 milhões de toneladas do grão. Essa produção é dividida em milho de primeira e de segunda safra, contando cada uma com 29 e 61 milhões de toneladas, aproximadamente. Nota-se grande expansão das áreas cultivadas com milho na época de safrinha, salto de 5 para 11 milhões de hectares cultivados, fato explicado pela concorrência da soja no cultivo da safra.

Dada a importância do cereal para a economia nacional, é preciso determinar técnicas que sejam passíveis de incrementar a produtividade sem aumentar o custo de produção. Para tal, o arranjo espacial de plantas surge como alternativa de baixo custo e fácil execução para otimizar o aproveitamento das unidades de área que estão disponíveis à cultura (ARGENTA et al., 2001). A redução do espaçamento entre linhas faz que a distância das sementes numa mesma linha aumente, tornando a distribuição espacial das plantas mais equidistante, tendendo a aumentar a eficiência de absorção dos componentes do ambiente, como água, luz e nutrientes (MIOTTO, 2014).

Em tese, um dos principais objetivos da mudança no arranjo espacial de plantas é reduzir o tempo necessário para a cultura interceptar o máximo de radiação solar possível. Considera-se que a radiação é o principal elemento meteorológico para o desenvolvimento vegetal, uma vez que é responsável pelo fornecimento de energia a toda atividade biológica das plantas (BERNARDI et al., 2014). A maneira como a planta é capaz de interceptar e absorver a radiação solar global e a radiação fotossinteticamente ativa determinará o seu rendimento, uma vez que estão diretamente ligadas à capacidade de realização de fotossíntese (KUNZ et al., 2007).

Nesse sentido, o objetivo do presente trabalho foi avaliar se a interceptação de radiação solar é alterada por diferentes arranjos espaciais e períodos de cultivos de híbridos de milho.

Materiais e Métodos

O experimento foi realizado na Fazenda Experimental da Universidade Tecnológica Federal do Paraná - Câmpus Dois Vizinhos, localizada nas coordenadas 25º 41' 34" S e 53º 05' 36" W e altitude de 530 m. O clima da região é classificado por Koppen como Cfa, ou seja, é clima temperado úmido, com verão quente e sem estação seca definida. A precipitação anual varia entre 1900 a 2200 mm, com temperatura média do ano entre 18 e 20 °C (ALVARES et al., 2013).

A classe de solo que predomina na região é Nitossolo Vermelho distroférrico, sendo estes de acentuado intemperismo e presença de cerosidade no perfil (EMBRAPA, 2006). O resultado da análise de solo realizado pelo laboratório de solos da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Campus Pato Branco está descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Laudo da análise de solo nas profundidades de 0 a 10 e 10 a 20 cm

Profundidade (cm)	pH $CaCl_2$	M.O. (g dm^{-3})	P (mg dm^{-3})	K (mg dm^{-3})	CTC ($cmol_c$ dm^{-1})	V (%)
0 - 10	5,6	46,24	26,5	84,1	9,7	71,5
10 - 20	5,5	30,82	19,7	35,2	8,8	66,6

Durante o inverno foi cultivada aveia branca IPR 126 como planta de cobertura, sendo dessecada com glifosato, 900 g ia ha^{-1}, durante a fase de emissão da panícula. A implantação do experimento ocorreu no dia 2 de setembro de 2016 com a semeadura dos híbridos de milho, regulando a semeadora para depositar 65 mil sementes por hectare.

Durante a operação de semeadura foi utilizado na adubação de base o fertilizante Top Phos 03-22-00 na dosagem de 360 kg ha^{-1}. Após uma semana do plantio foi feita a aplicação de potássio em cobertura com fertilizante KCl (60% de K_2O) na dosagem de 285 kg ha^{-1}. A adubação nitrogenada consistiu de duas

DOI: 10.6084/m9.figshare.5181319

aplicações de ureia (45% de N) em cobertura quando o milho estava com 4 e 8 folhas completamente desenvolvidas (V4 e V8), respectivamente. Em cada aplicação foram lançados 215 kg de ureia por hectare, totalizando 190 kg N ha^{-1}.

O controle de plantas daninhas foi realizado em dois momentos. A primeira consistiu na aplicação de herbicida a base de atrazina (4 L ha^{-1}), sendo realizada 21 dias após a semeadura (DAS). A segunda aplicação foi realizada 35 DAS, consistindo na mistura dos princípios ativos atrazina e mesotriona (4 + 0,3 L ha^{-1}). No mesmo dia foi aplicado inseticida a base de Triflumurom (0,1 L ha^{-1}) para controle da lagarta do cartucho. Quando a cultura iniciou a emissão do pendão, 70 DAS, foi realizada a aplicação preventiva de fungicida a base de Trifloxistrobina + Protioconazol na dose de 0,4 L ha^{-1}.

O experimento foi montado em esquema trifatorial 4x3x2 com 4 repetições para cada configuração de tratamento. As parcelas consistiram de 6 linhas de semeadura por 10 metros de comprimento. O primeiro fator consistiu nos arranjos espaciais de plantas, linhas simples de 0,6 m entre linhas, linhas duplas de 0,6 x 0,3 m entre linhas e linhas simples de 0,45 m entre linhas. O segundo fator a ser considerado foram dois diferentes híbridos de milho, P30F53 e P1630. O primeiro material trata-se de genótipo antigo e de cultivo estabelecido na região, considerado de ciclo precoce e bastante responsivo ao manejo. O segundo híbrido está presente no mercado a menos tempo, possui ciclo hiperprecoce e com excelente arranque inicial. O terceiro fator a ser considerado foi o ciclo da cultura, subdividido em 4 períodos principais: P1, emergência até V12; P2, V12 até início de polinização; P3, polinização até grão leitoso (R3) e P4, grão leitoso até maturação fisiológica, conforme metodologia proposta por Silva (2009).

As avaliações microclimáticas tiveram início 10 DAS quando as plântulas de milho começaram a emergir, sendo realizadas uma vez por semana até a colheita. Foram coletados dados de Irradiância Solar Global (Qg) e Radiação Fotossinteticamente Ativa (RFA). Para coleta da Qg foi utilizado o sensor SP 212 (Apogee) acoplado à micro estação HOBO UX 120-006M (Onset). Para a coleta dos dados de RFA foi utilizado o sensor S-LIA-M003 (Onset) acoplado a micro estação HOBO H21-002 (Onset). Todos os sensores estavam fixados em tripé móvel à 1,5 m de altura do solo.

Cada dia de avaliação foi dividido em 3 rodadas de leituras, cada uma iniciando às 9:00, 12:00 e 14:00 horas. Em cada rodada o tripé era instalado sequencialmente no centro geométrico das parcelas por 5 minutos até que os sensores estabilizassem e realizassem a medição dos dados. Para eliminar o erro experimental ocasionado pelo decorrer do dia, a parcela de início das leituras era alternada a cada semana. Nas semanas ímpares a avaliação era iniciada na parcela 1 e nas semanas pares iniciava-se na parcela 24.

Para elaboração da análise estatística foram considerados os fatores de período do ciclo de desenvolvimento, arranjo espacial de plantas e híbridos de milho. Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) e submetidos ao teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro com o auxílio do software estatístico Assitat 7.7 (SILVA, 2009).

Resultados e Discussão

O fator arranjo de plantas, constituído pelos três sistemas de semeadura, não foi capaz de alterar a capacidade dos híbridos de milho avaliados em interceptar radiação solar e radiação fotossinteticamente ativa. Tais resultados contradizem aqueles observados por Kunz et al., (2007) e Sangoi et al., (2011) que notaram aumento na interceptação da Qg quando reduzido o espaçamento entre linhas de 0,8 para 0,4 metros e 1,0 para 0,4 metros, respectivamente.

Em contrapartida, os fatores período do ciclo e híbridos foram diferentes entre si ($P<0,05$) após o início do estádio reprodutivo (Tabela 2). Esses valores retratam as médias horárias do período diurno em estudo.

Observa-se que no início do ciclo não há diferença entre os fatores, tanto para híbridos como períodos. Isso concorda com a proposição de Bernardi et al. (2014), de que nas fases iniciais de crescimento das culturas, estas não são capazes de alterar o microclima da lavoura.

DOI: 10.6084/m9.figshare.5181319

Tabela 2. Radiação solar global (W m^{-2}) interceptada pelos híbridos de milho nos diferentes períodos do ciclo

PERÍODOS[1]	HÍBRIDOS	
	P30F53	P1630
P1	696,8 aA	728,6 abA
P2	746,1 aA	775,3 aA
P3	391,5 bB	540,1 cA
P4	353,3 bB	632,1 bcA

Letras minúsculas para colunas e letras maiúsculas para as linhas, quando iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. [1]P1, emergência até V12; P2, V12 até início de polinização; P3, polinização até grão leitoso (R3) e P4, grão leitoso até maturação fisiológica

A partir do momento que o dossel de plantas sobrepôs os sensores, o híbrido P30F53 foi capaz de reduzir tanto o valor de Qg quanto de RFA (Tabela 3), ou seja, a cultura foi capaz de interceptar mais radiação quando comparada ao híbrido P1630. Essa condição pode ser compreendida parcialmente devido ao ângulo de inserção das folhas entre os materiais. O P1630 é material resultante de processos de melhoramento genético mais atuais que o P30F53. Dessa maneira, como destacam Argenta et al., (2001), materiais de milho mais jovens tendem a apresentar menor ângulo de inserção das folhas em relação ao próprio caule. Logo, permitem maior passagem de luz para as regiões baixeiras da planta, exigindo aumentar a densidade populacional para compensar a interceptação de radiação.

Outra característica fenotípica do P30F53 que pode ser responsável pela maior eficiência na interceptação da radiação, tanto solar como fotossinteticamente ativa, é o hábito perfilhador do material. Segundo Sangoi et al. (2011), os perfilhos podem representar até 65% da área foliar total das plantas quando submetidas a baixas populações de 30 mil plantas por hectare.

Tabela 3. Radiação fotossinteticamente ativa (W m^{-2}) interceptada pelos híbridos de milho nos diferentes períodos do ciclo

PERÍODOS[1]	HÍBRIDOS	
	P30F53	P1630
P1	435,8 aA	432,1 aA
P2	459,3 aA	435,1 aA
P3	192,9 bB	265,88 cA
P4	153,1 bB	338,37 bA

Letras minúsculas para colunas e letras maiúsculas para as linhas, quando iguais, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro. [1]P1, emergência até V12; P2, V12 até início de polinização; P3, polinização até grão leitoso (R3) e P4, grão leitoso até maturação fisiológica

Apesar de não apresentar diferença entre P3 e P4 (540,1 a 632,1 W m^{-2}), o híbrido P1630 apresentou seu pico de interceptação de Qg quando estava com área foliar máxima. Este comportamento também foi observado para RFA, onde P3 foi superior em interceptação da radiação, cerca de 265,88 W m^{-2}. Tal constatação encontra-se de acordo com Muller e Bergamaschi (2005), que observaram eficiência de interceptação da radiação solar no milho de praticamente 100% quando a cultura estava em estádio reprodutivo com índice de área foliar superior à 5:1.

A interação entre fatores foi praticamente a mesma para ambas variáveis, apresentando maior interceptação em P3 e P4, respectivamente. O híbrido P30F53 não apresentou diferença entre P3 e P4 por

DOI: 10.6084/m9.figshare.5181319

apresentar seu ciclo mais longo que o P1630, promovendo menor velocidade de senescência foliar, mantendo-se fotossinteticamente ativo por mais tempo.

É possível notar correlação positiva entre Qg e RFA para todos os tratamentos. Tal situação pode ser comparada ao trabalho de Ferreira et al. (2013) que compararam a eficiência do uso da radiação no milho considerando o valor de RFA equivalente a 44% do valor da radiação solar global.

Conclusões

O arranjo espacial de linhas duplas não é capaz de otimizar a interceptação de radiação solar para nenhum dos híbridos avaliados. Não é necessário que o produtor rural modifique o espaçamento entre linhas para cultivo do milho nas mesmas condições estudadas.

Os períodos do ciclo avaliados foram capazes de mudar estatisticamente a capacidade de interceptação de radiação devido ao crescimento vegetativo das plantas de milho. Porém, destaca-se que nas fases iniciais, enquanto ainda jovens, as plantas não são capazes de alterar o microclima da lavoura.

Na população de plantas testada, o híbrido P1630 apresentou menor eficiência de interceptação de radiação quando comparado ao P30F53.

Referências

Alvares CA, Stape JL, Sentelhas PC, Gonçalves JLM, Sparovek G (2013) Köppen's climate classification map for Brazil. Meteorologische Zeitschrift 22:711-728.

Bernardi A, Naime J, Resende A, Bassoi L, Inamasu R (2014) Agricultura de Precisão: resultado de um novo olhar. EMBRAPA, Brasília.

Conab – Companhia Nacional de Abastecimento (2017) Acompanhamento da safra brasileira de grãos. Sétimo levantamento, Brasília – DF. http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_04_17_17_20_55_boletim_graos_abr_2017.pdf. Acesso em 10 de meio de 2017.

Embrapa - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (2006) Sistema brasileiro de classificação de solos. EMBRAPA, Rio de Janeiro.

Ferreira RA, Souza JL, Teodoro I,0 Lyra GB, Souza RC, Neto RA (2014) Eficiência do uso da radiação em cultivos de milho em Alagoas. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental 18:322-328.

Kunz JH, Bergonci JI, Bergamaschi H, Dalmago GA, Heckler BMM, Comiran F (2007) Uso da radiação solar pelo milho sob diferentes preparos do solo, espaçamento e disponibilidade hídrica. Pesquisa Agropecuária Brasileira 42:1511-1520.

Miotto EJ (2014) Desenvolvimento e produtividade da cultura do milho sob densidades de plantas e espaçamentos entre linhas simples e duplas. Dissertação, Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

Pereira AR, Angelocci LR, Sentelhas PC (2002) Agrometeorologia: fundamento e aplicações práticas. Editora Agropecuária, Guaíba.

Sangoi L, Schweitzer C, Silva RPF, Schimitt A, Vargas VP, Casa RT, Souza CA (2011) Perfilhamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais. Pesquisa Agropecuária Brasileira 46:609-616.

Silva MAV (2009) Interações entre microclima, parâmetros de crescimento da planta e informações espectrais em cultivo de milho irrigado sob plantio direto. Tese, Universidade Federal de Viçosa.

DOI: 10.6084/m9.figshare.5181319