
Produtividade de milho em diferentes arranjos e população de plantas na segunda safra

Maize grain yield in different arrangements and plant population in the second season

Igor Rian Spohr

ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-9498-4660>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Santa Helena, Brasil

E-mail: igorrianspohr@hotmail.com

Glauco Vieira Miranda

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8283-8736>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Santa Helena, Brasil

E-mail: glaucovmiranda@utfpr.edu.br

Ana Raquel Ribeiro e Souza

ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-0824-3830>

E-mail: araquelsouza1@gmail.com

Davi Marcondes Rocha

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2003-5828>

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Santa Helena, Brasil

E-mail: davirocha@utfpr.edu.br

RESUMO

O arranjo populacional de plantas em lavouras de milho é um tipo de manejo cultural que pode ser considerado uma oportunidade de aumentar a produtividade de grãos com os mesmos custos operacionais e ainda mais quando combinado ao aumento da população de plantas/ha. Assim, o objetivo do trabalho foi avaliar a produtividade na cultura do milho pelo arranjo de linhas simples e duplas com diferentes populações de plantas em semeadura inicial e tardia na segunda safra. Os experimentos foram realizados no Oeste do Paraná, semeados em fevereiro e março. Os tratamentos foram a combinação de linhas simples de 0,50 m e duplas espaçadas de 0,50 m x 1 m com as populações de 50, 55 e 60 mil plantas/ha. A produtividade de grãos foi sempre maior para as linhas duplas na população de 60 mil plantas/ha e nas linhas simples para as populações de 50 e 55 mil. Nas linhas duplas, a produtividade aumentou linearmente com as populações de plantas para ambas semeaduras e nas linhas simples a produtividade decresceu com o aumento das populações de plantas. Conclui-se que o arranjo das linhas duplas favorece o aumento da produtividade em relação às linhas simples à medida que aumenta a população de plantas.

Palavras-chave: Linhas duplas; Espaçamento; Arranjo populacional;

ABSTRACT

The population arrangement of plants in maize crops is a type of cultural management that can be considered an opportunity to increase grain productivity with the same operational costs and even more when combined with an increase in the plant population/ha. Thus, the objective was to evaluate productivity in maize cultivation by arranging single and double lines with different populations of plants in early and late sowing in the second harvest. The experiments were carried out in Western Paraná, sown in February and March. The treatments were a combination of single rows of 0.50 m and double rows spaced 0.50 m x 1 m with populations of 50, 55 and 60 thousand plants/ha. Grain productivity was always higher for double rows in the population of 60 thousand plants/ha and in single rows for populations of 50 and 55 thousand. In double rows, productivity increased linearly with plant populations for both sowings and in single lines productivity decreased with increasing plant populations. It is concluded that the arrangement of double rows favors an increase in productivity in relation to single rows as the plant population increases.

Keywords: Twin lines; Spacing; Population arrangement;

INTRODUÇÃO

O cultivo do milho segunda safra, safra de inverno ou “milho safrinha”, como ficou popularmente conhecido, começou a ser realizado na safra agrícola 1984 e se caracterizava no início da prática com baixas produtividades em relação a safra de verão semeada em setembro ou outubro no Paraná (FRANCO et al., 2013). No Oeste do Paraná, a semeadura do milho segunda safra é realizada em janeiro ou fevereiro e se caracteriza pelas maiores áreas e produções no Paraná. A principal limitação climática que influi negativamente na produtividade do milho segunda safra paranaense é o déficit hídrico no período vegetativo, pré-floração e enchimento de grãos (BERGAMASCHI et al, 2006; MIRANDA et al., 2021a, b).

O milho é uma gramínea que responde muito ao aumento da população de plantas/ha porque não perfilha ou compensa a ausência de plantas na lavoura variando de 30 a 90 mil plantas por hectare (ARGENTA et al. 2001; GALVÃO et al. 2004). Além disso, diferentes arranjos de plantas para cultura do milho são importantes pois, estes podem aumentar ou diminuir a incidência de radiação solar e influenciar na área foliar com consequente efeito na produtividade, além de uma maior ou menor incidência de plantas daninhas devido (ARGENTA et al. 2001).

Além do arranjo de plantas em linhas solteiras ou simples que é amplamente utilizado, há também o arranjo em linhas gêmeas ou duplas (*Twin Rows*), que consiste em uma forma de semeadura onde se aumenta a distância entre as linhas duplas causando o aumento da produtividade de grãos devido a diminuição da competição entre plantas das linhas (BALEN, 2013). Esse sistema está sendo utilizado há tempos no exterior,

principalmente nos Estados Unidos da América, porém pouco pesquisado e divulgado no nosso País. As linhas duplas estão sendo indicadas como uma estratégia para aumentar a produtividade do milho, devido a maior captura de radiação fotossinteticamente ativa (NOVACEK et al., 2013). O arranjo populacional de linhas duplas que tem sido divulgado no território brasileiro é com espaçamento de 0,45 m entre as linhas duplas e 0,90 m entre os pares de linhas duplas (0,45 m x 0,90 m) (GONZAGA, 2020).

O milho se adapta bem aos diferentes tipos de arranjo de plantas devido a baixa capacidade de perfilhamento, a baixa plasticidade foliar e as inflorescências masculina e feminina separadas que concorrem pelos compostos resultantes da fotossíntese em períodos de seca (ANDRADE e SADRAS, 2003; SANGOI et al., 2011).

Em estudos conduzidos por Cox et al. (2006) e citados por (BALEM, 2013) constatou-se que a produtividade de grãos de milho foi superior no arranjo com linhas duplas se comparado com o arranjo em linhas simples. Os autores atribuíram tal resultado devido ao fechamento mais rápido da área entre linhas, o que possibilitou a maior captação da radiação solar e, como consequência, o aumento na quantidade de fotoassimilados presentes nas plantas.

Segundo a empresa norte-americana Great Plains (2012), a semeadura de milho em linhas duplas proporcionou produtividades que variaram entre 370 a 1500 kg por hectare a mais em relação à semeadura de linhas simples. Também nos EUA, foi constatado um aumento de 12,5% na produtividade de grãos ao usar o arranjo de linhas duplas em comparação com linhas simples (JONES, 2018). Além disso, o autor observou que, por meio de avaliação visual, as plantas no espaçamento de linhas duplas demonstraram sofrer menos com os efeitos do estresse da seca. Isso levou à conclusão de que esse arranjo de plantas proporcionou maiores produtividades, pois melhora a eficiência no uso da água e promove um crescimento mais rápido da planta.

Tradicionalmente, as lavouras de milho possuíam linhas de plantas com espaçamento de 1,0 m na década de 80 e foi reduzindo gradativamente para 0,45-0,50 m (GALVÃO et al., 2014; MIRANDA et al., 2021 a, b). Ao reduzir a distância entre as linhas de plantas de milho, pode-se aumentar a população de plantas, o que pode aumentar a produtividade. No entanto, outras consequências podem acontecer com a redução do espaçamento como o aumento do atrito entre as plantas e a formação de microclimas desfavoráveis para a manutenção da sanidade das plantas (GALVÃO et al., 2014). A diminuição do espaçamento entre as linhas de semeadura do milho possibilita o uso da

mesma semeadora, sem a necessidade de ajustes no espaçamento entre as linhas, para realizar a semeadura de outras culturas, como soja, sorgo, feijão e outras (ZOZ et al., 2019).

A produtividade de grãos do milho varia de acordo com a população de plantas, por exemplo, a cultivar DKB 234, no primeiro ano, obteve a maior produtividade com a densidade de 75 mil plantas/ha com espaçamento de 0,45 cm entre linhas simples (KVITSCHAL et al., 2010). No segundo ano, a cultivar apresentou o aumento linear da produtividade atingindo o máximo com 90 mil plantas/ha também com o espaçamento de 0,45 cm entre linhas simples.

Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar a produtividade do milho pelo arranjo de linhas simples e duplas com diferentes populações de plantas em semeadura precoce e tardia na segunda safra.

MATERIAL E MÉTODOS

Dois experimentos foram realizados nos municípios de Santa Helena e Missal, Paraná, com semeaduras em fevereiro e março de 2023. Em Santa Helena, o experimento foi conduzido na Área Experimental do Câmpus da Universidade Federal Tecnológica do Paraná (UTFPR). As coordenadas geográficas foram 24° 51' 51" S e 54° 19' 49" W e 25° 07' 34,3" S e 54° 14' 58,5" W. O solo de ambas as áreas foram classificados como Nitossolo Vermelho Latossólico de textura argilosa, com as seguintes características na camada 0-0,20 m (Santa Helena e Missal): pH (H₂O) = 6,2 e 5,3; Al trocável (cmolc dm⁻³) = 0,17 e 0,05; Ca+Mg (cmolc dm⁻³) = 6,10 e 6,37; P (mg dm⁻³) = 8,35 e 22,08; K (cmolc dm⁻³) = 0,26 e 0,46; matéria orgânica = 3,2% e 3,5%; V (%) = 59,77 e 53,76; soma de bases (cmolc dm⁻³) = 6,36 e 6,83; CTC (cmolc dm⁻³) = 10,64 e 12,74.

Em ambas as localidades, os experimentos possuíam o delineamento experimental em blocos casualizados com os tratamentos em arranjo fatorial entre três populações de plantas x dois tipos de linhas de semeadura. As populações de plantas foram 50, 55 e 60 mil plantas/ha e as linhas de semeadura simples com espaçamento de 0,50 m e as duplas com (0,50 x 1,00). Então nas linhas duplas, estas estavam espaçadas entre elas de 0,50 m e em relação a outra linha dupla, um metro. Cada experimento possuía quatro repetições e as parcelas foram constituídas de nove linhas com comprimento de 5 metros com a cultivar Corteva P3282VYH, a qual tem ciclo superprecoce, grãos do tipo duro amarelo-

alaranjado, elevado potencial produtivo, excelente qualidade de colmo e raiz e boa sanidade foliar.

As semeaduras foram realizadas no dia 08 de fevereiro de 2023 em Santa Helena, PR, e no dia 08 de março de 2023 em Missal, PR. A semeadura foi realizada com estande mais alto e desbastado de acordo com os tratamentos. Foi utilizado 242 kg/ha de adubação a base de nitrogênio, fósforo e potássio no grânulo com a formulação 10-14-14.

Após a emergência foi avaliado o estande de plantas e foram realizados os tratamentos culturais durante o ciclo da cultura com uma aplicação de herbicida, quatro aplicações de inseticida e duas aplicações de fungicida.

Duas linhas de cada parcela foram colhidas manualmente e trilhadas mecanicamente para a avaliação da produtividade em kg/ha e posteriormente, medida a umidade dos grãos e corrigido para 13%.

Para análise dos dados, foi inicialmente verificada a normalidade dos dados pelo teste de Shapiro Wilks e então, realizadas a análise de variância e seus desdobramentos quando a interação foi significativa, o teste de F e a comparação de médias utilizando o pacote ExpDes.pt do software R (R CORE TEAM, 2021). As análises de variância foram desdobradas de acordo com a significância da interação populações de plantas x tipos de linhas. Por ser uma característica quantitativa, para a população de plantas foi realizada a análise de variância da regressão e o ajuste para equação linear. Todas estimativas dos parâmetros das equações de regressão foram avaliados pelo teste de t.

RESULTADOS

As pressuposições da análise de variância foram atendidas e o coeficiente de variação experimental foi de 8,1% e 7,7% considerados baixos (Fritsche-Neto et al. 2012). Na análise de variância, os tipos de linhas, a interação tipos de linhas (simples e duplas) x populações (50, 55 e 60 mil/ha) foram significativas para a semeadura precoce em Santa Helena (Tabela 1). Na semeadura tardia, a análise de variância para os tipos de linhas, as populações de plantas e a interação tipos de linhas x populações foram significativas para (Tabela 1).

Tabela 1. Análises de variâncias da produtividade de grãos para tipos de linhas e populações de plantas em semeaduras, precoce em Santa Helena, PR e tardia em Missal, PR.

FV	GL	Santa Helena	Missal
Blocos	3	2.628.852	185.939
Populações (Pop)	2	1.627.193 ns	1,884.488*
Tipos de Linhas (L)	(1)	3.923.734**	3.713.067**
L x Pop	(2)	28.165.855***	1.200.892*
Linhas: Pop. 50	1	16.740.080***	9.940 ns
Linhas: Pop. 55	1	18.684.290***	1.972.098**
Linhas: Pop. 60	1	24.831.072***	4.132.812*
Resíduo	15	713.795	466.884

*** Significativo pelo teste de F a 1%; ** Significativo pelo teste de F a 5%; * Significativo pelo teste de F a 10%; ns não significativo pelo teste de F a 5%

Devido a significância da interação tipos de linhas x populações de plantas, cada tipo de linha apresentou produtividade diferentes em relação a população de plantas (Tabela 1). Para a população de 50 mil plantas/ha, os arranjos populacionais com linhas simples e duplas apresentaram a produtividade de grãos de milho diferentes para a semeadura precoce e semelhantes para a semeadura tardia (Tabela 1). Por sua vez, para as populações de 55 e 60 mil/ha, a produtividade de grãos foi diferente entre os tipos de linhas.

A média de produtividade de grãos da cultivar P3282 VYH com linhas simples foi superior em relação às linhas duplas para 50 mil plantas/ha com aumento de 36% para a semeadura precoce em Santa Helena (Tabela 2). Para 55 mil plantas/ha, nas linhas duplas, a produtividade foi de 8.012 kg/ha e nas simples, 11.541 kg/ha, mostrando aumento de 44%. Para 60 mil plantas/ha, nas linhas duplas, a produtividade foi de 12.474 kg/ha e nas simples, 8.406 kg/ha, mostrando o aumento de 48%.

Tabela 2. Médias de produtividade de grãos (kg/ha) da cultivar P3282 VYH com linhas simples e duplas e três populações de plantas em semeadura, precoce em Santa Helena, PR e tardia em Missal, PR.

	50 mil	55 mil	60 mil
Santa Helena, PR			
Linhas simples	12.473 a**	11.541 a	8.406 b
Linhas duplas	9.133 b	8.012 b	12.474 a
Missal, PR			
Linhas simples	8536 a*	8022 b	8631 b
Linhas duplas	8465 a	9015 a	10069 a

** , * Médias seguidas por letra diferente para cada local, na coluna, são diferentes pelo teste de F a 1% e 5%, respectivamente.

As médias de produtividade de grãos da cultivar P3282 VYH com linhas simples e duplas para 50 mil plantas/ha foram semelhantes próximas a 8.500 kg/ha em Missal, PR (Tabela 2). Para 55 mil plantas/ha, nas linhas duplas, a produtividade foi de 9.015 kg/ha e nas simples, 8.022 kg/ha, mostrando o aumento de 12,4%. Para 60 mil plantas/ha, nas linhas duplas, a produtividade foi de 10.069 kg/ha e nas simples, 8.631 kg/ha, mostrando o aumento de 16,7%.

Na análise das populações de plantas para cada tipo de linhas pode-se observar que as populações de plantas interferiram significativamente a 5% pelo teste de F na produtividade de grãos tanto para linhas simples quanto para linhas duplas na semeadura em Santa Helena, PR. Por sua vez, em Missal, PR, para as linhas simples, a população de plantas não interferiu na produtividade de grãos, mas para as linhas duplas, a população de plantas afetou significativamente a produtividade a 5% pelo teste de F.

A análise de variância da regressão da produtividade em função das populações de plantas mostrou efeito significativo do ajuste da equação linear e não significância dos desvios da regressão tanto para linhas simples como duplas em Santa Helena, PR. A produtividade de grãos em função da população de plantas/ha para linhas simples em

semeadura precoce em Santa Helena, PR apresentou a equação: $\text{prod} = 33180,78 - 406,8 \times \text{população de plantas}$ com o R^2 de 91%. Por sua vez, para linhas duplas, a equação foi $\text{prod} = -8504,33 + 334,13 \times \text{população de plantas}$ com o R^2 de 51,8%.

Devido somente a significância de população de plantas somente para linhas duplas no desdobramento da análise de regressão para o experimento de Missal, PR, a análise de variância da regressão foi significativa para o ajuste da equação linear e não significativa para os desvios da regressão. A equação linear $\text{prod} = 364 + 160,35 \times \text{população de plantas}$, apresentou R^2 de aproximadamente 97% demonstrando que a medida que se aumenta a população em linhas duplas mais se aumenta a produtividade de grãos.

DISCUSSÃO

As produtividades de milho em semeadura de segunda safra são muito dependentes das condições climáticas e muitas vezes elas não são adequadas para atingir o potencial da cultura no oeste do Paraná (MIRANDA et al., 2021 a, b). Para se reduzir riscos climáticos nos estádios críticos da cultura do milho segunda safra, mesmo com pequenas variações entre anos, após a colheita da soja, as épocas de semeadura mais indicadas para semeadura vão de 1º de janeiro a 10 de março. De uma maneira geral, quanto mais tarde for realizada a semeadura, mais risco climático pode afetar a produtividade em decorrência das menores precipitações, limitações da radiação solar, baixas temperaturas em períodos críticos à cultura e finalidade da lavoura (PEDROTTI, 2014; MIRANDA, et al., 2021a, b; SOUZA et al., 2023; SPADA et al. 2023).

Na semeadura precoce, considerada a melhor época de semeadura e com menores riscos de perdas por causas climáticas, as produtividades foram de 9,0 até 12,5 t/ha. Isto mostra também que o manejo otimizado é um importante fator da diferença entre o potencial produtivo das lavouras e aquela alcançada pelos agricultores que foi estimado na região de 49 a 54% com limitação hídrica (RIBEIRO et al. 2020).

As plântulas emergiram com cinco dias após a semeadura (DAS) e até o estágio V4, a precipitação foi adequada e devido ao acúmulo de água no solo argiloso com capacidade de armazenamento semelhante a semeadura tardia (Tabela 3). No final do estágio vegetativo, a precipitação foi menor do que o adequado, porém com o acumulado no solo as plantas apresentaram um desenvolvimento bom porém não excelente. No florescimento, estágio crítico quanto a necessidade de água, houve pouca precipitação

prejudicando a fecundação e formação de grãos. No enchimento de grãos (R3), a precipitação foi adequada, porém, nos estádios seguintes a precipitação não atingiu sequer a metade do requerido pela planta. Nesta semeadura precoce, a precipitação foi próxima da ideal nos estádios vegetativos e deficitária nos estádios reprodutivos.

Por sua vez, as máximas das temperaturas na região foram bem adequadas para o desenvolvimento do milho pois estavam poucas vezes acima de 30 graus que quando ocorreram foi até o florescimento. As temperaturas mínimas ocorreram quase sempre acima dos 15 graus e apenas oito dias não sequenciais abaixo dos 10 graus, limite inferior do desenvolvimento da planta de milho.

Com a semeadura tardia, em 8 de março, em Missal, PR, as produtividades de grãos variaram entre 8.500 kg/ha a 9.600 kg/ha consideradas muito boas para o manejo utilizado pelos agricultores da região mas ainda abaixo do potencial produtivo da região de 12 toneladas/ha e inferiores à semeadura precoce correspondendo a 6% no limite inferior e 30% no limite superior. Durante o desenvolvimento da lavoura, ocorreu boa precipitação após a semeadura e a emergência das plântulas (DAE) ocorreu 10 dias após a semeadura, considerado como o início da contagem dos estádios fenológicos da cultivar P3282VYH (Tabela 3). Em todo o ciclo de desenvolvimento da planta, as precipitações foram de 50 a 66% inferiores para atingir o potencial produtivo máximo de uma lavoura porém com pontos favoráveis, o solo muito argiloso com alta capacidade de armazenamento de água acima de 1,40 mm/cm e ainda boa matéria orgânica e coberto com palha (RIBEIRO, 2020) (Tabela 3).

Por sua vez, as máximas e mínimas das temperaturas na região foram bem adequadas para o desenvolvimento do milho pois estavam poucas vezes acima de 30 graus e quando ocorreram foram nos primeiros 40 dias do desenvolvimento da planta. No final do estágio vegetativo, pendoamento e estádios reprodutivos, as temperaturas máximas foram sempre menores que 30° C proporcionando menores evapotranspiração, que reduziram o impacto da baixa precipitação durante estes estádios. Ainda, ocorreram poucas vezes temperaturas mínimas abaixo de 15 graus e apenas quatro vezes abaixo de 10 graus, limite inferior do desenvolvimento da planta de milho.

Tradicionalmente é reconhecido que em semeaduras tardias do milho pode-se obter produtividades até 50% inferiores em relação às semeaduras em épocas adequadas (UATE, 2013). Isto somente ocorre quando as semeaduras são realizadas com aumento de risco para 40% ou fora do recomendado pelo zoneamento de risco agroclimático.

Assim, na previsão de riscos de produtividade pelo Zoneamento Agrícola de Risco Climático para o município de Missal, a semeadura até 10 de março representava risco de 30%, o que ocorreu parcialmente devido a irregularidade das chuvas, mas mitigado pelo manejo cultural proporcionando boas produtividades (ZARC, 2022).

Tabela 3. Precipitação (mm) acumulado nos estádios de desenvolvimento de planta na emergência, vegetativo (V4), vegetativo (V8), florescimento (VT), início de formação de grãos (R1 e R2), grãos leitosos (R3), grãos pastoso (R4), grãos farináceos (R5) e maturação fisiológica (R6) nas semeaduras precoce em Santa Helena, PR e tardia em Missal, PR

Estádios	Precipitaç ão Ideal (mm)	Santa Helena (mm)	Déficit/ acumulado (mm)	Missal (mm)	Déficit/ acumulado (mm)
VE	50	77	0 (+27)	41	-9
V4	80	100	0 (+20)	27	-62
V8	120	55	-18	65	-117
R1 e R2	70	10	-78	12	-175
R3	70	67	-81	0	-245
R4	70	20	-131	32	-283
R5	150	17	-264	47	-386
R6	60	27	-297	35	-411
Total	670	373		259	

Nessas condições climáticas de limitação pluviométrica nos estádios vegetativos na semeadura precoce e em todo o ciclo na semeadura tardia, a disponibilidade de água no solo e temperaturas adequadas foram suficientes para alcançar boas produtividades. Neste cenário, os tipos de linhas e a interação tipos de linhas e populações, ou seja, o

manejo cultural, foram importantes para ambas épocas de semeadura e populações somente foi significativa para semeadura tardia mostrando que o arranjo populacional ideal depende da população a ser utilizada e vice-versa e das condições climáticas.

Na semeadura precoce, no início das épocas de semeadura da segunda safra, os tipos de linhas, independentes da população, e a interação tipo de linhas x populações foram significativos mostrando que ao utilizar linhas duplas sempre é vantajoso, mas existe pelo menos uma população que apresenta maior produtividade. O desdobramento da análise de variância mostrou que para cada população, um dos tipos de linhas foi superior, sendo que nas populações de 50 e 55 mil/ha, as linhas simples foram superiores e na de 60 mil/ha, as linhas duplas.

Ainda na semeadura precoce, o estudo de populações de plantas em função dos tipos de linhas, indicou que para os dois tipos de linhas, a população altera a produtividade. No entanto, em linhas simples, a produtividade máxima é atingida na população de 50 mil plantas/ha e na medida que se aumenta, a produtividade é reduzida em 407 kg/ha a cada mil plantas. Nas linhas duplas, a máxima produtividade é atingida na população de 60 mil plantas/ha com aumento de 334 kg/ha a cada mil plantas. Aqui as linhas simples e duplas mostraram comportamentos opostos, enquanto as duplas aumentam a produtividade, as linhas simples diminuem com o aumento da população de plantas.

Na semeadura tardia, as linhas simples foram iguais às linhas duplas para a população de 50 mil plantas/ha mostrando que o arranjo populacional não favoreceu a produtividade. Por sua vez, nas populações de 55 e 60 mil plantas/ha, a produtividade foi maior nas linhas duplas demonstrando que o arranjo populacional é benéfico mesmo em condições desfavoráveis causadas por déficit hídrico. Assim, o padrão adequado de recomendar menores populações de plantas em linhas simples em alto risco de déficit hídrico não é o que ocorre para o arranjo populacional de linhas duplas que são mais adequados para altas populações que proporcionam maiores produtividades e que proporcionaram incrementos de 11% para 55 mil plantas/ha e 14% para 60 mil plantas/ha.

As menores populações de plantas de milho não causaram uma compensação produtiva entre plantas quando as condições climáticas são favoráveis, assim pode ocorrer a maior produtividade de grãos quando utilizado populações mais elevadas quando associadas com melhores condições ambientais e de manejo (SHIOGA et al., 2004).

Os resultados encontrados para linhas simples estão de acordo com a recomendação da empresa Corteva, detentora do híbrido de milho utilizado. As maiores populações de 60 a 65 plantas/ha em linhas simples são recomendadas nas primeiras semeaduras na segunda safra pelo menor risco de veranicos para a cultivar híbrida P3282VYH e as menores populações de 50 a 55 mil plantas/ha em semeaduras tardias (PIONEER, 2021).

Ainda, na semeadura tardia, as linhas simples não aumentaram a produtividade com o aumento populacional indicando que a utilização de menores populações é o mais adequado. Por sua vez, as linhas duplas apresentaram aumento significativo da produtividade em resposta linear demonstrando que qualquer aumento populacional aumenta a produtividade, sendo então o adequado. Este aumento foi de 16% na produtividade de 50 para 60 mil plantas/ha, sendo que a cada mil plantas, aumenta-se 1,6% ou 160 kg/ha a produtividade de grãos.

Aqui os resultados são semelhantes à semeadura precoce, indicando que as linhas simples são mais adequadas em menores populações com ponto de mudança de decisão de populações de 55 mil, sendo que abaixo deve-se utilizar linhas simples e acima linhas duplas.

Outros trabalhos na literatura, também demonstraram a maior produtividade das lavouras de milho com linhas duplas com populações de 55 e 60 mil plantas/ha e indicaram a possibilidade de aumentar o número de plantas por hectare utilizando o sistema de linhas duplas (BALEM, 2013).

O aumento de produtividade em linhas duplas se comparado ao arranjo em linhas simples pode ser atribuído em virtude de uma maior eficiência na interceptação da radiação e também pela redução da competição por água, luz e nutrientes entre as plantas (BALEM, 2013). Então, nas condições de limitação hídrica como ocorrido nos experimentos, a menor competição entre plantas no arranjo populacional de linhas duplas pela limitação de água devido a baixa precipitação pode explicar a superioridade dessas em relação às linhas simples.

As magnitudes da redução da produtividade de grãos de milho nas semeaduras precoce e tardia foram diferentes, no entanto, em ambas deve ser utilizada a menor população para linhas simples. Nas linhas duplas, o aumento da população de plantas aumentou a produtividade em quantidades diferentes a cada mil plantas, porém em ambas, as linhas duplas proporcionaram maiores produtividades na maior população.

Nos Estados Unidos da América, a semeadura de milho em linhas duplas obteve produtividade que variam entre 370 a 1500 kg/ha a mais em relação à semeadura de linhas simples (GREAT PLAINS, 2012). Também nos EUA, foi constatado um aumento de 12,5% na produtividade de grãos ao usar o arranjo de linhas duplas em comparação com o arranjo de linhas simples (JONES, 2018). Esse aumento de produtividade foi consistente em duas safras. Além disso, o autor observou que, por meio de avaliação visual, as plantas no espaçamento de linhas duplas demonstraram sofrer menos com os efeitos do estresse da seca.

CONCLUSÃO

O arranjo das linhas duplas favorece o aumento da produtividade em relação às linhas simples à medida que aumenta a população de plantas;

O arranjo das linhas duplas com o aumento da população de plantas favorece o aumento da produtividade em condições climáticas favoráveis ou não;

O arranjo das linhas simples com o aumento da população de plantas reduz ou não aumenta a produtividade de grãos do milho em condições climáticas limitantes.

AGRADECIMENTOS

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, ao Câmpus Santa Helena e aos docentes, discentes e técnicos administrativos.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, F. H.; SADRAS, V. O. **Bases para el manejo del maiz, el girassol e la soja**. Buenos Aires: Médica Panamericana, 2003. 443 p.

ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. DA; SANGOI, L. Arranjo de plantas em milho: análise do estado-da-arte. **Ciência Rural**, v. 31, p. 1075–1084, 2001.

BALEM, Z. **Avaliação de espaçamento convencional e linhas gêmeas sob densidade populacional para cultura do milho**. 2013. 76 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Pato Branco, 2013. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/handle/1/528>. Acesso em 29 out. 2023.

BERGAMASCHI, H. et al. Déficit hídrico e produtividade na cultura do milho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 41, n. 2, p. 243–249, 2006.

FRANCO, A. A. N.; MARQUES, O. J.; FILHO, P. S. V. **Sistemas de produção do milho safrinha no Paraná**. 33 p., 2013. Disponível em:

<https://www.cpa0.embrapa.br/cds/milhosafrinha2013/palestras/13PEDROSOARESVIDIGALFILHO.pdf>. acesso: 9 nov. 2023.

FRITSCHÉ-NETO, R. et al. Updating the ranking of the coefficients of variation from maize experiments. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 34, n. 1, p. 99–101, 2012.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/asagr/a/bVt3LbHMOSxDgDTRzDhr8HP/?lang=en>. Acesso em 4 nov. 2023.

GALVÃO, J. C. C. (Org.); MIRANDA, G. V. (Org.). **Tecnologia e produção de milho**. 1. ed. Viçosa, MG: Editora UFV, 2004. v. 1. 366p

GONZAGA, R. L. **Sistema de semeadura em linhas gêmeas na cultura do milho**.

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista (Unesp), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal Orientador: Carlos Eduardo Angeli Furlani. p. 86, 2020. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/server/api/core/bitstreams/f6d0e909-ed17-47cd-ab25-3924f93b151e/content>. Acesso em: 3 nov. 2023.

GREAT PLAINS - **GPM Planter Catalog.6 Low-Res.pdf**. Disponível em:

<https://assets.greatplainsmfg.com/images/AdvertisingImages/CatalogPDFs/1424-GPM%20Planter%20Catalog.6%20Low-Res.pdf>. Acesso em 6 nov. 2023.

JONES, B. **Effects of Twin-Row Spacing on Corn Silage Growth Development and Yield in the Shenandoah Valley**, 2018. Disponível em:

<https://www.pubs.ext.vt.edu/3003/3003-1440/3003-1440.html#:~:text=Twin%2Drow%20spacing%20as%20an,efficiency%20and%20faster%20canopy%20development>.

KVITSCHAL, M. V. et al. Arranjo de plantas e produção de dois híbridos simples de milho. **Revista Ciência Agrônômica**, v. 41, p. 122–131, mar. 2010.

MIRANDA, G. V. et al. Desempenho de híbridos de milho em diferentes épocas de semeadura na segunda safra em baixa altitude no extremo Oeste do Estado do Paraná. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 34794–34810, 2021a.

MIRANDA, G. V. et al. Desempenho de híbridos de milho na segunda safra em baixa altitude no extremo oeste do Estado do Paraná. **Brazilian Journal of Development**, v. 7, n. 4, p. 34823–34836, 2021b.

NOVACEK, M. J. et al. Twin Rows Minimally Impact Irrigated Maize Yield, Morphology, and Lodging. **Agronomy Journal**, v. 105, n. 1, p. 268–276.2013.

PEDROTTI, M. C. **Produtividade de soja e milho em função da época de semeadura sob irrigação e sequeiro**. 2014. Disponível em:

<https://files.ufgd.edu.br/arquivos/arquivos/78/MESTRADO-DOCTORADO-AGRONOMIA/Disserta%20C3%A7%20C3%A3o%20Maira%20Cristina%20Pedrotti.pdf>. Acesso em 30 out. 2023.

PIONEER. **Catálogo de Milho Safrinha 2021**. Disponível em:

https://www.pioneer.com/content/dam/dpagco/pioneer/la/br/pt/files/cat%20C3%A1logo_safinha_download.pdf

R Core Team (2021). **R: A language and environment for statistical computing**. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>

RIBEIRO, B.S.M.R et al. (Eds.) **Ecofisiologia do Milho: visando altas produtividades**. Editora: Field Crops. 1ª Edição. 2020. 230 p.

SANGOI et al. **Perfilamento, área foliar e produtividade do milho sob diferentes arranjos espaciais, 2011**. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pab/a/PHrwXhn4nF7qn4WjKTXrQ9m/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 1 nov. 2023.

SHIOGA, P. S.; OLIVEIRA, E. L.; GERAGE, A. C. Densidade de Plantas e Adubação Nitrogenada em Milho Cultivado na Safrinha. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 3, n. 3, p. 381–390, 2004.

SOUZA, P. V. D. et al. Maize Yield Prediction using Artificial Neural Networks based on a Trial Network Dataset. **ETASR - Engineering, Technology & Applied Science Research**, v. 13, p. 10338-10346, 2023.

SPADA, C. A. et al. Seleção de linhagens de milho para produção de forragem, caracterização dos componentes da planta e fatores ambientais: uma revisão. **Peer Review**, v.5, n. 14, p. 264–277. <https://doi.org/10.53660/735.prw1911a>

UATE, J. V. **Épocas de semeadura do milho e distribuição espacial de plantas**. 2013. 59 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013. Disponível em: <http://repositorio.ufla.br/jspui/handle/1/1067>. Acesso em: 03 nov. 2023.

ZARC PARANÁ 2022. **Portaria de zoneamento agrícola de risco climático Paraná, 2022**. <https://www.gov.br/agricultura/pt-br/assuntos/riscos-seguro/programa-nacional-de-zoneamento-agricola-de-risco-climatico/portarias/safra-vigente/parana/word/PORTN260SOJAPR.pdf> Acesso em 18 Nov. 2023

ZOZ, T. et al. Densidade populacional, espaçamento e adubação nitrogenada na semeadura de milho de segunda safra. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 12, n. 1, p. 103, 2019.