

Artigo Científico

Resumo

São muitos os fatores que interferem na produtividade da cultura do milho, como o arranjo populacional e a aplicação de N em cobertura. Entretanto, é importante estudar como esses fatores interagem entre si. Assim, o propósito deste trabalho foi estudar como diferentes populações de plantas e doses de N em cobertura influenciam a produtividade e os

componentes de rendimento da cultura do milho. O ensaio foi conduzido em DBC em esquema fatorial 2 x 4 x 5, com quatro repetições, sendo: duas safras (2014/15 e 2015/16), quatro populações de plantas (55.000, 70.000, 85.000 e 100.000 plantas ha⁻¹) e cinco doses de N em cobertura (0, 75, 150 e 225 kg ha⁻¹ de N). Houve diferença entre as safras para todas as variáveis estudadas, exceto para grãos/espiga. O N em cobertura proporcionou aumento da produtividade, da MMG, do número de grãos por fileira e grãos por espiga. Com o aumento da população de plantas verificou-se aumento de produtividade, da altura de inserção da primeira espiga e da altura de planta e diminuição da MMG, do número de fileiras, grãos/fileira e grãos/espiga. Não houve interação entre população de plantas e dose de N em cobertura, o que sugere que a dose de N aplicada em cobertura é independente da população de plantas utilizada.

Palavras-chave: Adubação nitrogenada, arranjo de plantas, Zea mays

Abstract

Performance of maize crop submitted to different populations of plants and topdressing N doses

There are many factors that interfere in the yield of maize crop, such as the population arrangement and the application of topdressing N. However, it is important to study how these factors interact with each other. Thus, the purpose of this work was to study how different plant populations and topdressing N doses influence the yield and yield components of the maize crop. The experiment was conducted in RBD in a 2 x 4 x 5 factorial scheme, with four replications, being: two crops seasons (2014/15 and 2015/16), four plant populations (55,000, 70,000, 85,000 and 100,000 plants ha⁻¹) and five topdressing N doses (0, 75, 150 and 225 kg ha⁻¹ of N). There was a difference between the crops seasons for all variables studied, except for the grain/ear. The topdressing N doses provided increased in yield, TGW, number of grains/row and grains/ear. With the increase of the plant population there was an increase in yield, height of insertion of the first ear and plant height and decrease of TGW, number of rows/ear, grains/row and grains/ear. There was no interaction between plant population and topdressing N doses, which suggests that the topdressing N dose applied is independent of the population of plants used.

Keywords: Nitrogen fertilization, plant arrangement, Zea mays.

Received at: 03/02/2018

Accepted for publication at: 26/07/2018

1 - Eng. Agrônomo, Mestre em Agronomia/Doutorando em Agronomia /Programa de Pós-graduação em Agronomia/Universidade Estadual do Centro-Oeste/ Rua Simeão Camargo Varela de Sá, 03 - Vila Carli/CEP 85040-080/Guarapuava/Brasil/fabianopacentchuk@gmail.com. Autor para correspondência

2 - Acadêmico do curso de Agronomia/Universidade Estadual do Centro-Oeste/ Guarapuava/Paraná/Brasil/Imaciel96@gmail.com

3 - Eng^a. Agrônomo/Prof^a. Dr^a./Universidade de Passo Fundo/ Passo Fundo/Rio Grande do Sul/Brasil/jaquehuzar@gmail.com

4 - Eng. Agrônomo/Prof. Dr./Programa de Pós-graduação em Agronomia/ Universidade Estadual do Centro-Oeste/Guarapuava/Paraná/Brasil/ sjadoski@unicentro.br/isandini@hotmail.com

Desempenho da cultura do milho submetido a diferentes populações de plantas e doses de N em cobertura

Fabiano Pacentchuk¹

Leonardo Serpa Maciel²

Jaqueline Huzar Novakowiski³

Sidnei Osmar Jadoski⁴

Itacir Eloi Sandini⁴

Resumen

Desempeño del cultivo del maíz sometido a diferentes poblaciones de plantas y dosis de N en cobertura

Son muchos los factores que interfieren en la productividad del cultivo del maíz, como el arreglo poblacional y la aplicación de N en cobertura. Sin embargo, es importante estudiar cómo estos factores interactúan entre sí. Así, el propósito de este trabajo fue estudiar cómo diferentes poblaciones de plantas y dosis de N en cubierta influyen la productividad y los componentes de rendimiento del cultivo del maíz. El ensayo fue conducido en DBC en esquema factorial $2 \times 4 \times 5$, con cuatro repeticiones, siendo: dos cosechas (2014/15 y 2015/16), cuatro poblaciones de plantas (55.000, 70.000, 85.000 y 100.000 plantas ha^{-1}) y cinco dosis de N en cobertura (0, 75, 150 y 225 kg ha^{-1} de N). Hubo diferencias entre las cosechas para todas las variables estudiadas, excepto para granos / espiga. El N en cobertura proporcionó aumento de la productividad, de la MMG, del número de granos por hilera y granos por espiga. Con el aumento de la población de plantas se verificó aumento de productividad, de la altura de inserción de

Palabras clave: *Abono nitrogenado, arreglo de plantas, Zea mays*

Introdução

A população mundial está em franca expansão, deste modo, para alimentar todos os indivíduos é absolutamente essencial que a produtividade agrícola seja significativamente aumentada dentro das próximas décadas (GLICK, 2014). Como uma das principais culturas de grãos cultivadas em todo o mundo, o milho (*Zea mays* L.) apresenta alto potencial produtivo, logo, é uma importante fonte de alimento a nível mundial (YAN et al., 2018).

Apesar da evidente importância da cultura do milho, verifica-se que a produtividade desta cultura está aquém do seu potencial produtivo. É importante salientar que a produtividade da cultura do milho é uma variável complexa e depende da interação entre fatores genéticos, ambientais e de manejo (KAPPES et al., 2011). Estudos mostraram que condições climáticas, especialmente a radiação solar, têm grande influência no crescimento do milho e na estrutura populacional (IIZUMI e RAMANKUTTY, 2015).

Neste contexto, o manejo do arranjo de plantas por meio da alteração na densidade populacional tem sido apontado como uma importante prática de manejo para maximizar o rendimento de grãos pela otimização de fatores de produção, como água, luz e nutrientes (ARGENTA et al., 2001; DEMÉTRIO et al., 2008). A utilização do melhor arranjo populacional incrementa o rendimento de grãos da cultura do milho, uma vez que aperfeiçoa a interceptação da radiação solar pelas plantas (VITORAZZI et al., 2017).

Via de regra, o melhor arranjo é o que apresenta uma melhor equidistância entre plantas e por consequência promove a melhor utilização dos fatores de produção. Ao melhorar o arranjo de plantas, em espaços equidistantes, diminui-se a competitividade entre as plantas na linha e reduz a evaporação de água do solo devido ao aumento da absorção (ARGENTA et al., 2001).

Como evidenciado anteriormente, a densidade de plantas de milho, quando bem manejada pode afetar positivamente a produtividade da cultura, entretanto, o aumento no número de plantas por área, pode acarretar também em mudanças no comportamento e nos componentes de planta (FARINELLI e CERVEIRA JUNIOR, 2014).

Assim, o aumento do número de plantas na área também aumentará a competição por recursos, como água, luz e nutrientes, o que poderá acarretar em efeito negativo. Uma das maneiras para evitar um possível efeito negativo é por meio do entendimento da quantidade de nutrientes que deverá ser fornecido para a cultura.

Neste contexto, para que possa expressar todo seu potencial produtivo, a cultura do milho requer que suas exigências nutricionais sejam plenamente atendidas, em virtude da grande extração de nutrientes do solo (AMARAL FILHO et al., 2005). Sabe-se que o nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade pela cultura, sendo o que mais frequentemente limita a produtividade de grãos (FARINELLI e LEMOS, 2012). Acredita-se ainda que

a exigência em N se torna ainda maior em situações de elevadas populações de plantas.

Logo, o propósito deste estudo foi avaliar como a população de plantas e doses de N em cobertura influenciam a produtividade e os componentes de rendimento da cultura do milho.

Material e métodos

O experimento foi realizado no município de Cândói, região Centro-Sul do Estado do Paraná, na fazenda Modelo, com Latitude de 25°30'11.3"S e

longitude 51°48'24.4"W, durante as safras agrícolas de 2014/15 e 2015/16. O clima da região, de acordo com Köppen (Maak, 1968), é classificado como Cfb com altitude de aproximadamente 1.100 m, precipitação média anual de 1.944 mm, temperatura mínima média anual de 12,7 °C, e a temperatura máxima média anual de 23,5 °C. Os dados de temperatura máxima, temperatura mínima e de precipitação de cada safra estão demonstrados na Figura 1. O solo da área experimental é do tipo Latossolo Bruno Distroférico Típico (EMBRAPA, 2013).

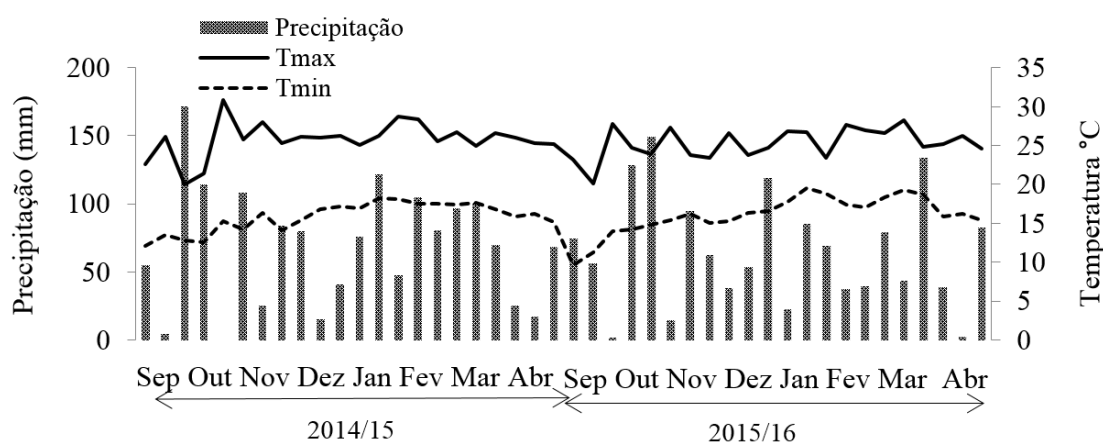


Figura 1. Temperatura máxima (Tmax °C), temperatura mínima (Tmin °C) e precipitação pluviométrica (mm) do período de condução dos experimentos. Guarapuava, PR, 2018.

Utilizou-se delineamento experimental de blocos ao acaso, em esquema fatorial de 2x4x5, sendo duas safras agrícolas (2014/15 e 2015/16), quatro populações de plantas (55.000, 70.000, 85.000 e 100.000 plantas ha⁻¹) e cinco doses de nitrogênio em cobertura (0, 75, 150, 225 e 300 kg ha⁻¹ de N), com quatro repetições. A parcela foi constituída por sete linhas, com seis metros de comprimento. A aplicação do N foi realizada nos estádios V3 e V5, sendo distribuído nas linhas. A escolha do híbrido utilizado em cada safra (Tabela 1) seguiu o critério de representatividade da região, ou seja, o híbrido com maior área semeada em área comercial naquela safra. As demais informações da condução do experimento estão demonstradas na Tabela 1.

Tabela 1. Informações das safras estudadas nos ensaios. Guarapuava, PR - 2018.

Atividade	Safras	
	2014/15	2015/16
Semeadura	13/09/2014	01/10/2015
Híbrido	DKB 290 PRO III	As 1656 PRO III
Espaçamento	0,425	0,425
Adubação de base (kg ha ⁻¹)		
N	49,4	49,4
P ₂ O ₅	133	133
K ₂ O	38	38
Adubação N de cobertura		
V3	11/10/2014	16/10/2015
V5	24/10/2014	28/10/2015

As variáveis analisadas foram: produtividade, massa de mil grãos (MMG), grãos ardidos, altura de inserção da espiga, altura de planta, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e número de grãos por espiga.

Antes da realização da colheita, utilizou-se uma régua graduada para medições de altura de planta e altura de inserção da espiga. Para isso, mediram-se três plantas, escolhidas aleatoriamente na área útil da parcela. Para a quantificação da produtividade, colheram-se as espigas da área útil da parcela. As mesmas foram trilhadas, pesadas e medida a umidade. Posteriormente realizou-se a correção do peso da parcela para 13% e calculou-se a produtividade em kg ha⁻¹.

Para a avaliação da MMG, foi feita a contagem de 300 grãos e, em seguida, extrapolou-se este valor para 1.000 grãos. A porcentagem de grãos ardidos foi obtida por meio da seleção dos grãos considerados ardidos de uma amostra de 250 g. Ainda, colheram-se 10 espigas da área útil da parcela para avaliar os componentes de rendimento sendo: número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e número de grãos por espiga.

Os dados foram submetidos a análise de variância e avaliados pelo Teste F. Ao apresentarem significância a 5 ou 1% de probabilidade, as médias dos fatores qualitativos (safras) foram comparadas entre si pelo Teste de t a 5% de probabilidade e os valores dos fatores quantitativos (doses de N e população de plantas) foram submetidos a análise de regressão pelo software Sisvar.

Resultados e discussão

De acordo com a Tabela 2, a fonte de variação População, com exceção da variável altura de planta, influenciou todas as variáveis estudadas. Ainda, a fonte de variação Nitrogênio, influenciou todas as variáveis estudadas, exceto a porcentagem de grãos ardidos e o número de fileiras por espiga. Com

exceção da fonte de variação número de grãos/espiga, todas as variáveis foram influenciadas pela fonte de variação Safra. Verificou-se interação P x S para as variáveis MMG, grãos ardidos e altura de planta. Observou-se também interação N x S para as variáveis produtividade, MMG e altura de inserção da espiga. Não houve interação P x N e P x N x S para nenhuma das variáveis estudadas.

A ausência de interação entre P x N, permite inferir que a dose de N a ser aplicada em cobertura é independente da população de plantas utilizada, resultados semelhantes foram obtidos por (MENDES et al., 2013). Entretanto, dados contrários foram obtidos por Shioya et al. (2004), de acordo com os autores o emprego de densidades de plantas mais elevadas deve ser acompanhado do aumento da quantidade de nitrogênio. Dados contrastantes também foram verificados por Mendes et al. (2011), de acordo com os autores, existe interação entre a adubação nitrogenada e a densidade de plantas sobre os caracteres agrônômicos da cultura do milho.

Conforme a tabela 2, a produtividade da safra 2014/15 (15.227 kg ha⁻¹) se diferiu estatisticamente da produtividade obtida na safra 2015/16 (11.495 kg ha⁻¹). A maior produtividade para esta safra está relacionada com o maior valor de MMG e de grãos/fileira quando comparado com a safra 2015/16. Verificou-se ainda que na safra 2014/15 houve menor incidência de grãos ardidos. A maior incidência de grãos ardidos na safra 2015/16 pode estar relacionada com a elevada precipitação pluviométrica observada no período anterior a colheita desta safra (Figura 1).

De acordo com a Figura 2A, a produtividade respondeu de maneira quadrática ao aumento da população de plantas. A população de plantas que proporcionou a máxima produtividade foi de 78.450 plantas ha⁻¹. Resultados semelhantes foram obtidos por Farinelli et al. (2014), de acordo com os autores houve acréscimos de produtividade com o aumento da população de plantas até 80.000 plantas ha⁻¹. A resposta quadrática da produtividade, está

Tabela 2. Média das variáveis em diferentes safras agrícolas. Guarapuava, PR – 2018.

Safra	Produtividade	MMG	Ardido	Alt. Inserção	Alt. Planta	Fileiras	Grãos/fileira	Grãos/espiga
2014/15	15227 a	390,70 a	2,55 b	158,00 a	259,63 a	17,40 b	31,86 a	555,88 a
2015/16	11495 b	328,16 b	4,25 a	113,30 b	242,93 b	18,53 a	29,32 b	544,90 a

Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t a 5% de probabilidade.

Tabela 3. Resumo da análise de variância com os valores de F para as variáveis produtividade, MMG, grão ardido, altura de inserção, altura de planta, número de fileiras, número de grãos por fileira e número de grãos por espiga da cultura do milho. Guarapuava, PR – 2018.

FV	GL	Valores de F							
		Produtividade	MMG	Ardido	Alt. Inserção	Alt. Planta	Fileiras	Grãos/fileira	Grãos/espiga
Bloco	3	3,621 ns	0,818 ns	0,603 ns	4,034 **	2,017 ns	1,414 ns	0,728 ns	0,994 ns
População (P)	3	10,928 **	52,432 **	48,491 **	9,379 **	2,273 ns	31,940 **	179,384 **	188,615 **
Nitrogênio (N)	4	40,624 **	22,473 **	0,953 ns	7,129 **	9,208 **	1,543 ns	7,164 **	7,218 **
Safra (S)	1	765,881 **	1112,008 **	33,993 **	1755,389 **	313,228 **	151,787 **	83,878 **	3,297 ns
P x N	12	1,237 ns	0,686 ns	0,786 ns	1,442 ns	0,577 ns	0,339 ns	0,343 ns	0,217 ns
P x S	3	0,943 ns	16,583 **	8,291 **	0,684 ns	3,852 *	0,763 ns	0,465 ns	0,407 ns
N x S	4	15,899 **	12,757 **	0,568 ns	2,703 *	0,782 ns	0,835 ns	0,878 ns	0,813 ns
P x N x S	12	0,701 ns	1,369 ns	0,724 ns	0,638 ns	0,930 ns	0,640 ns	0,804 ns	0,671 ns
CV (%)	-	6,38	3,3	54,29	4,97	2,38	3,23	5,75	6,95
Média	-	13361,19	359,43	3,4	135,64	251,27	17,96	30,59	550,39

FV – Fonte de variação; GL – Graus de liberdade; CV (%) – coeficiente de variação; ns – não significativo; ** - significativo a 1% pelo teste F; * - significativo a 5% pelo teste F.

relacionada com o grau de competição intraespecífica, assim, quando há uma competição elevada entre plantas a tendência é que ocorra diminuição de produtividade (VITORAZZI et al., 2017). Por fim, Vian et al. (2016) relataram que a obtenção de alta produtividade de grãos na cultura do milho está diretamente condicionada a população final de plantas, com distribuição espacial de plantas uniforme e com o mínimo possível de plantas dominadas na área.

Na Figura 2B, observou-se a interação Safra x Nitrogênio para produtividade. Para ambas as

safra, o aumento da dose de N, até certo limite, proporcionou aumento de produtividade na cultura do milho. Em todas as doses de N estudadas a maior produtividade foi obtida na safra 2014/15 em comparação com a safra 2015/16. Para a safra 2014/15 a produtividade de máxima eficiência técnica (16.544 kg ha⁻¹) foi obtida por meio da aplicação de 277,78 kg ha⁻¹ de N. Tratando-se da safra 2015/16, a máxima eficiência técnica (11.780 kg ha⁻¹) foi obtida por meio da aplicação de 228,99 kg ha⁻¹ de N. Aumento de produtividade da cultura do milho em função do aumento de dose do N em

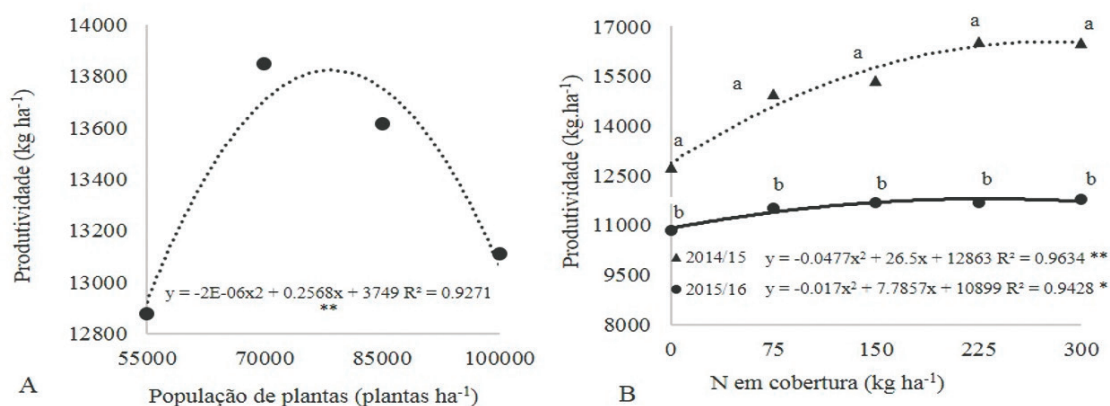


Figura 2. Produtividade da cultura do milho em kg ha⁻¹ em função de diferentes populações de plantas (A) e de doses crescentes de N em cobertura (B), na safra 2014/15 (•) e 2015/16 (▲). Guarapuava, PR – 2018.

** - significativo a 1% pela análise de regressão. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t.

cobertura também foi verificado por (FARINELLI e LEMOS, 2012). O aumento de produtividade em função da aplicação de N em cobertura, refere-se ao fato de que a disponibilidade de nitrogênio afeta diretamente o desenvolvimento da área foliar e a taxa de fotossíntese, interferindo na interceptação da radiação, além de compor substâncias como proteínas, enzimas e ácidos nucléicos (GROSS et al., 2006).

De acordo com a Figura 3A, independente da safra, o aumento da população de plantas reduziu linearmente a massa de mil grãos da cultura do milho. Mesmo com comportamento semelhante entre as safras, verificou-se que independente da população de plantas utilizada a MMG da safra 2014/15 foi superior à verificada na safra 2015/16, o que corrobora com os dados observados para produtividade. A diminuição da MMG em função do aumento da população de plantas, está relacionado à maior competição por fatores como luz e nutrientes entre as plantas, nessas condições, as plantas produzem espigas menores, grãos menores, e consequentemente menores massas de grãos (VITORAZZI et al., 2017). Os dados deste trabalho estão de acordo com os achados de Rossato Junior et al. (2013), estes autores também verificaram

diminuição da MMG com o aumento da população de plantas.

Ao observar a Figura 3B, em ambas as safras estudadas o aumento da dose de N aplicada em cobertura, resultou em aumento na massa de grãos. Embora com tendência similares, para todas as doses de N em cobertura estudadas, a MMG verificada na safra 2014/15 foi superior à obtida na safra 2015/16. Com o aumento da dose de N aplicada na cultura do milho, aumenta-se o N acumulado nos grãos e na parte aérea da cultura, esse maior acúmulo de N observado na parte aérea e nos grãos de milho é responsável pelo aumento da massa de grãos e por conseguinte aumento no rendimento de grãos (FERNANDES e LIBARDI, 2012). Aumento na MMG de grãos devido ao aumento da dose de N aplicada em cobertura também foi verificado por (RAASCH et al., 2016).

Esses dados estão em concordância com os verificados para a produtividade. Os achados deste estudo permitem inferir que o aumento da produtividade do milho em função da aplicação da dose de N em cobertura, deve-se ao aumento na MMG da cultura.

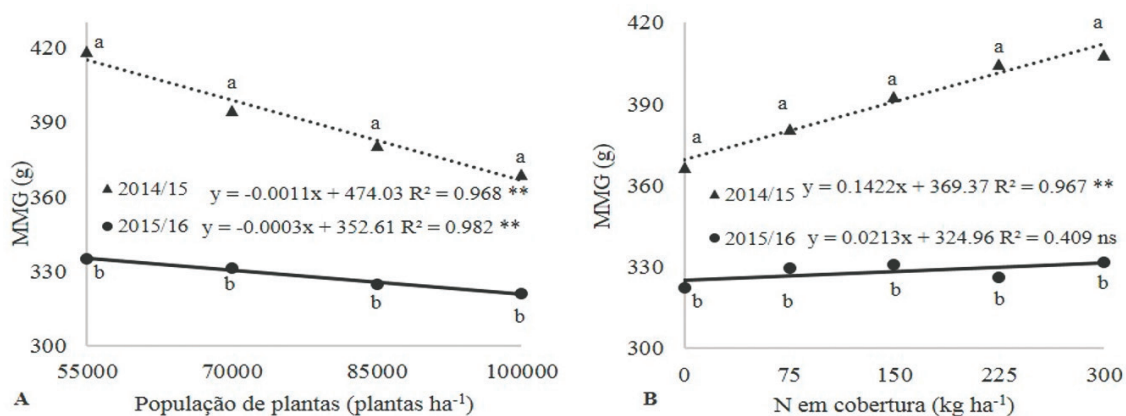


Figura 3. Massa de mil grãos (MMG - g) da cultura do milho em função de diferentes populações de plantas (A) e de doses crescentes de N em cobertura (B), na safra 2014/15 (●) e 2015/16 (▲). Guarapuava, PR - 2018.

** - significativo a 1% pela análise de regressão. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t.

De acordo com a Figura 4, em ambas as safras, com o aumento da população de plantas ocorreu aumento linear na porcentagem de grãos ardidos. Conforme Casa et al. (2007) a maior densidade populacional, aumenta a competição intraespecífica por água, luz e nutrientes, levando a predisposição da planta ao ataque de patógenos. Verificou-se ainda que para as populações de 85.000 e 100.000 plantas por hectare a incidência de grãos ardidos na safra 2015/16 foi superior à verificada na safra 2014/15.

Conforme a Figura 5A, o aumento na população de plantas proporcionou aumento na altura de inserção da primeira espiga na cultura do milho. Aumento na altura de inserção da primeira espiga também foi verificado com o aumento da dose de N em cobertura (Figura 5B). Além disso, independentemente da dose de N aplicada em cobertura, a altura de inserção da primeira espiga na safra 2014/15 foi sempre superior a verificada na safra 2015/16.

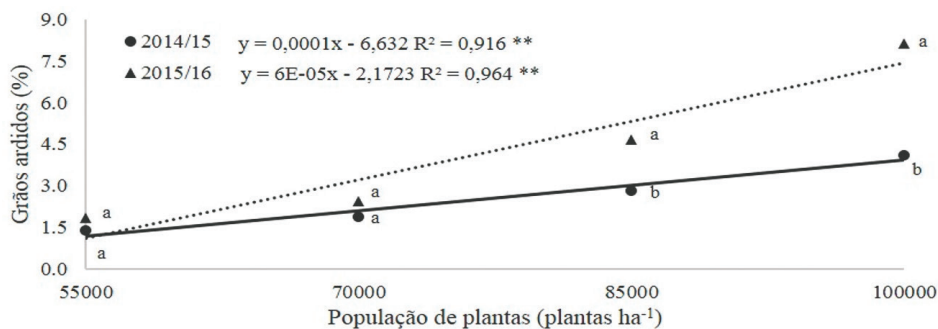


Figura 4. Grãos ardidos (%) da cultura do milho em função de diferentes populações de plantas na safra 2014/15 (●) e 2015/16 (▲). Guarapuava, PR - 2018.

** - significativo a 1% pela análise de regressão. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t.

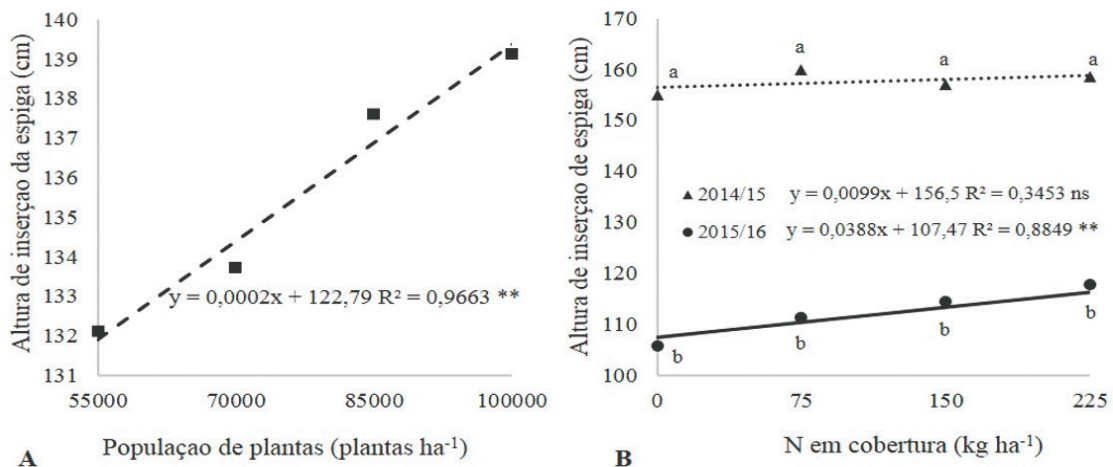


Figura 5. Altura de inserção da primeira espiga (cm) da cultura do milho em função de diferentes populações de plantas (■) na média das safras (A) e de doses crescentes de N em cobertura (B), na safra 2014/15 (●) e 2015/16 (▲). Guarapuava, PR - 2018.

** - significativo a 1% pela análise de regressão. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t.

De acordo com a Figura 6A, houve interação entre as safras e populações de plantas estudadas. Em ambas as safras o comportamento é similar, o aumento na população de plantas proporcionou aumento, quadrático e linear, na altura de planta, para as safras 2014/15 e 2015/16, respectivamente. Ainda, verificou-se que independente da população de plantas utilizada, as maiores alturas de plantas foram verificadas na safra 2014/15. Conforme a Figura 6B, na média das safras, o aumento na dose de N aplicada em cobertura proporcionou resposta quadrática na altura de plantas. A máxima altura de planta (254 cm) foi obtida quando aplicou-se 229 kg ha⁻¹ de N.

O aumento na altura de planta e altura de inserção da primeira espiga também foi observado por Marchão et al. (2005). Conforme Brachtvogel et al. (2012), a resposta está relacionada ao efeito da competição intraespecífica por luz, com consequente estímulo da dominância apical das plantas.

Segundo a Figura 7, o aumento da população de plantas culminou em decréscimo linear no número de fileiras por espiga. A diminuição no número de fileiras por espiga em função do aumento da população de plantas está diretamente relacionado com a diminuição da produtividade verificada na Figura 2B.

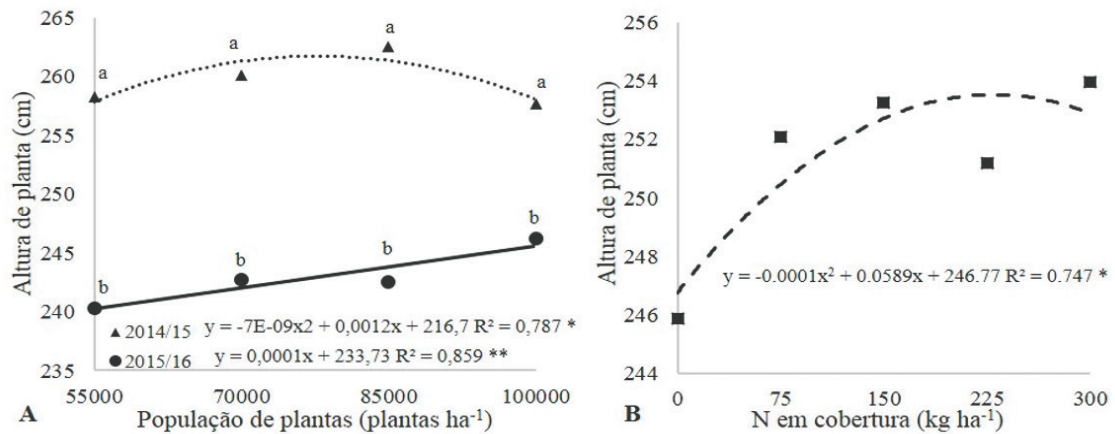


Figura 6. Altura de planta (cm) da cultura do milho em função de diferentes populações de plantas na safra 2014/15 (●) e 2015/16 (▲) (A) e de doses crescentes de N em cobertura, (■) na média das safras (B). Guarapuava, PR – 2018.

** e * - significativo, respectivamente, a 1 e 5% pela análise de regressão. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo teste t.

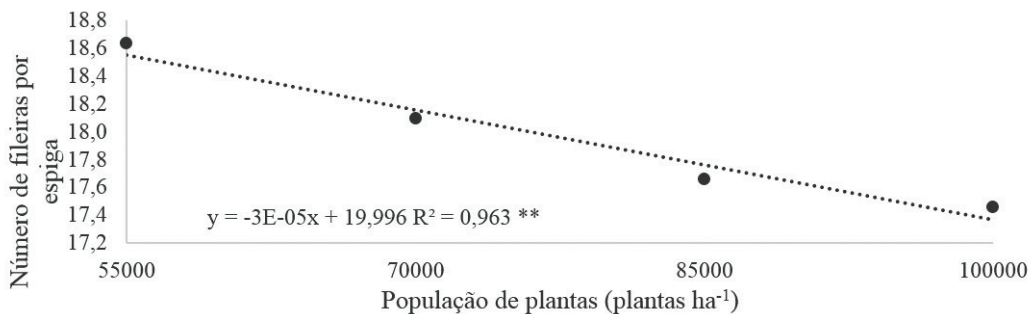


Figura 7. Número de fileiras por espiga (unidade) da cultura do milho em função de diferentes populações de plantas (●), na média das safras. Guarapuava, PR – 2018.

** - significativo a 1% pela análise de regressão.

Ao observar a Figura 8A e 8C, verificou-se que o aumento na população de plantas resultou em diminuição no número de grãos por fileira e no número de grãos por espiga, respectivamente. Observou-se ainda que o aumento da dose de N aplicada em cobertura proporcionou resposta quadrática no número de grãos por fileira e no número de grãos por planta (Figura 8B e 8D, respectivamente).

O número máximo de grãos por fileira (31.26 grãos por fileira) e o número máximo de grãos por espiga (564.87 grãos por espiga), foram obtidos respectivamente, pela aplicação de 222.57 e 224.15 kg ha⁻¹ de N. O aumento no número de grãos por

fileira, contribuiu para que houvesse acréscimo de produtividade, conforme Balbinot et al. (2005) com o aumento no número de grãos por fileira, há aumento na produtividade de grãos.

As características de espiga, número de grãos por fileira e grãos por espiga, foram influenciadas negativamente pelo aumento da população de plantas (DOURADO NETO et al., 2003; VIEIRA et al., 2010; BRACHTVOGEL et al., 2012). Ainda, com o aumento da população de plantas, há redução no tamanho das espigas, diminuindo também seu índice por planta; entretanto, há compensação na produção, pelo aumento do número de plantas por área (DOURADO NETO et al., 2003).

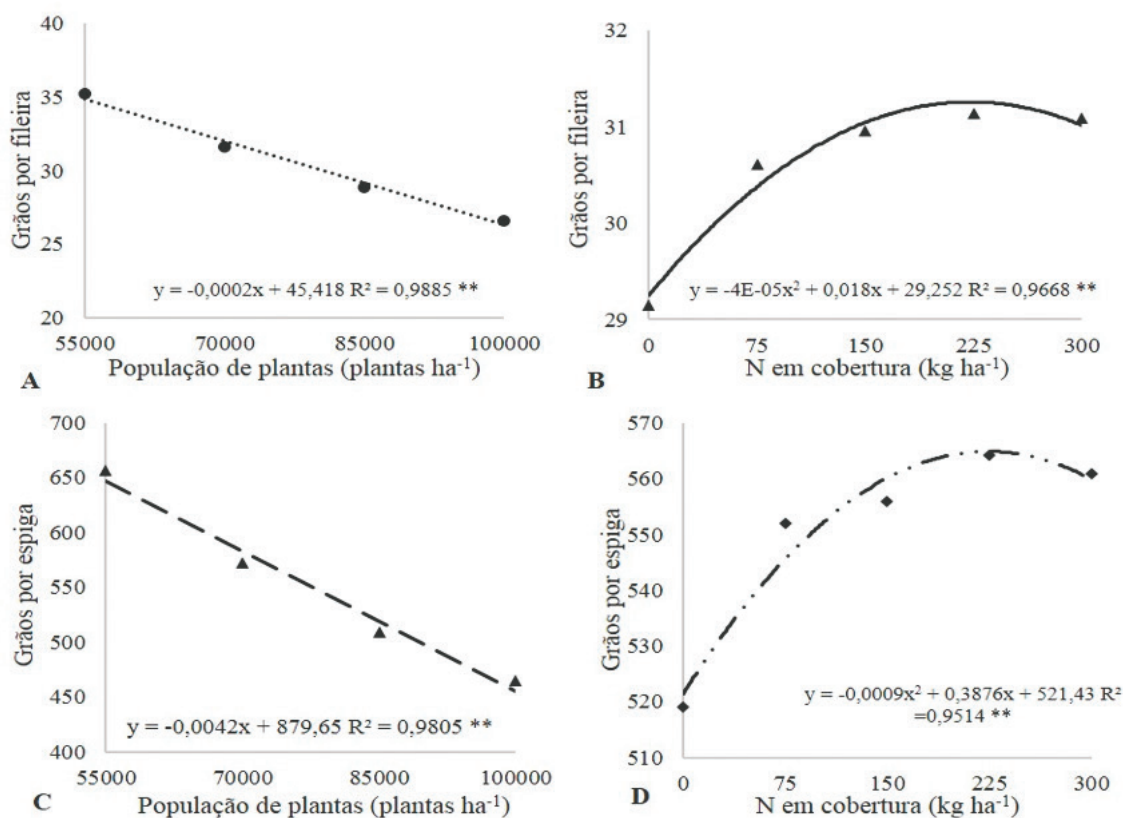


Figura 8. Grãos por fileira (●) em função de diferentes populações (A), grãos por fileira (▲) em função de doses crescentes de N em cobertura (B), grãos por espiga (■) em função de diferentes populações (C) e grãos por espiga (◆) em função de doses crescentes de N em cobertura (D) da cultura do milho, na média das safras. Guarapuava, PR - 2018.

** - significativo a 1% pela análise de regressão.

Conclusão

Nas condições do estudo, não houve interação entre N x P, logo, a dose de N aplicada em cobertura é independente da população de plantas utilizada. A população de plantas que proporcionou a máxima produtividade foi de 78.450 plantas ha⁻¹, este acréscimo de produtividade foi devido ao aumento do número de espigas por hectare, pois os demais componentes de produtividade (MMG, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileiras e número de grãos por espiga) foram

afetados negativamente pelo aumento da população de plantas. Ainda, a produtividade da cultura do milho respondeu positivamente a aplicação de N em cobertura, a produtividade de máxima eficiência técnica foi obtida por meio da aplicação de 277,78 kg ha⁻¹ e 228,99 kg ha⁻¹ de N, para a safra 2014/15 e 2015/16, respectivamente. O N aplicado em cobertura proporcionou aumento na MMG, altura de inserção da primeira espiga, altura de planta, número de fileiras por espiga, número de grãos por fileira e número de grãos por espiga.

Referências bibliográficas

- AMARAL FILHO, J. P. R. D. A.; FILHO, D. F.; FARINELLI, R. BARBOSA, J. C. Espaçamento, densidade populacional e adubação nitrogenada na cultura do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 29, n. 467-473, 2005.
- ARGENTA, G.; SILVA, P. R. F. D.; BORTOLINI, C. G.; FORSTHOFER, E. L.; MANJABOSCO, E. A. NETO, V. B. Resposta de híbridos simples de milho a redução do espaçamento entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 36, n. 1, p. 71-78, 2001.
- BALBINOT, A. A.; BACKES, R. L.; ALVES, A. C.; OGLIARI, J. B. FONSECA, J. A. D. Contribuição de componentes de rendimento na produtividade de grãos em variedades de polinização aberta de milho. **Revista Brasileira Agrociência**, v. 11, n. 2, p. 161-166, 2005.
- BRACHTVOGEL, E. L.; PEREIRA, F. R. D. S.; CRUZ, S. C. S.; ABREU, M. L. D. BICUDO, S. J. População, arranjo de plantas uniforme e a competição intraespecífica em milho. **Revista Trópica - Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 6, n. 1, p. 75-83, 2012.
- CASA, R. T.; MOREIRA, E. N.; BOGO, A. SANGOI, L. Incidência de podridões do colmo, grãos ardidos e rendimento de grãos em híbridos de milho submetidos ao aumento na densidade de plantas. **Summa Phytopathologica**, v. 33, n. 4, p. 353-357, 2007.
- DEMÉTRIO, C. S.; FILHO, D. F.; CAZETTA, J. O. CAZETTA, D. A. Desempenho de híbridos de milho submetidos a diferentes espaçamentos e densidades populacionais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 43, n. 12, p. 1691-1697, 2008.
- DOURADO NETO, D.; PALHARES, M.; VIEIRA, P. A.; MANFRON, P. A.; MEDEIROS, S. L. P. ROMANO, M. R. Efeito da População de Plantas e do Espaçamento sobre a Produtividade de Milho. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 2, n. 3, p. 63-77, 2003.
- EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3ª ed. Brasília, DF. 2013.
- FARINELLI, R. CERVEIRA JUNIOR, W. R. Resposta de cultivares de milho transgênico e convencional a densidades populacionais. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 13, n. 3, p. 336-346, 2014.
- FARINELLI, R. LEMOS, L. B. Nitrogênio em cobertura na cultura do milho em preparo convencional e plantio direto consolidados. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 42, n. 1, p. 63-70, 2012.
- FERNANDES, F. C. D. S. LIBARDI, P. L. Distribuição do Nitrogênio do sulfato de amônio (15N) no sistema solo-planta, em uma sucessão de culturas, sob sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, n. 885-893, 2012.
- GLICK, B. R. Bacteria with ACC deaminase can promote plant growth and help to feed the world. **Microbiological Research**, v. 169, n. 1, p. 30-39, 2014.
- GROSS, M. R.; PINHO, R. G. V. BRITO, A. H. D. Adubação nitrogenada, densidade de semeadura e

espaçamento entre fileiras na cultura do milho em sistema plantio direto. **Ciência e Agrotecnologia**, v. 30, n. 3, p. 387-393, 2006.

IIZUMI, T. RAMANKUTTY, N. How do weather and climate influence cropping area and intensity? **Global Food Security**, v. 4, n. 46-50, 2015.

KAPPES, C.; ANDRADE, J. A. D. C.; ARF, O.; OLIVEIRA, Â. C. D.; ARF, M. V. FERREIRA, J. P. Arranjo de plantas para diferentes híbridos de milho. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 41, n. 3, p., 2011.

MAAK, R. **Geografia física do estado do Paraná**. Curitiba: Banco do desenvolvimento do Paraná. 350p. 1968.

MARCHÃO, R. L.; BRASIL, E. M.; DUARTE, J. B.; GUIMARÃES, C. M. GOMES, J. A. Densidade de plantas e características agrônômicas de híbridos de milho sob espaçamento reduzido entre linhas. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 35, n. 2, p. 93-101, 2005.

MENDES, M. C.; MATCHULA, P. H.; ROSSI, E. S.; OLIVEIRA, B. R.; SILVA, C. A. SÉKULA, C. R. Adubação Nitrogenada em Cobertura Associada com Densidades Populacionais de Híbridos de Milho em Espaçamento Reduzido. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 12, n. 2, p. 92-101, 2013.

MENDES, M. C.; ROSSI, E. S.; FARIA, M. V.; ALBUQUERQUE, C. J. B. ROSÁRIO, J. G. D. Efeitos de níveis de adubação nitrogenada e densidade de semeadura na cultura do milho no Centro-Sul do Paraná. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v. 4, n. 2, p. 176-192, 2011.

RAASCH, H.; SCHONINGER, E. L.; NOETZOLD, R.; VAZ, D. D. C. SILVA, J. D. D. Doses de nitrogênio em cobertura no milho de segunda safra em Nova Mutum – MT. **Revista Cultivando o Saber**, v. 9, n. 4, p. 517-529, 2016.

ROSSATO JUNIOR, J. A. D. S.; CAZETTA, D. A.; BARBOSA, J. C. FORNASIERI FILHO, D. Popping expansion and yield responses of popcorn cultivars under different row spacings and plant populations. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 48, n. 12, p. 1538-1545, 2013.

SHIOGA, P. S.; OLIVEIRA, E. L. D. 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.

VIAN, A. L.; SANTI, A. L.; AMADO, T. J. C.; CHERUBIN, M. R.; SIMON, D. H.; DAMIAN, J. M. BREDEMEIER, C. Variabilidade espacial da produtividade de milho irrigado e sua correlação com variáveis explicativas de planta. **Ciência Rural**, v. 46, n. 3, p. 464-471, 2016.

VIEIRA, M. D. A.; CAMARGO, M. K.; DAROS, E.; ZAGONEL, J. KOEHLER, H. S. Cultivares de milho e população de plantas que afetam a produtividade de espigas verdes. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 32, n. 1, p., 2010.

VITORAZZI, C.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; CANDIDO, L. S.; FREITAS, I. L. D. E. J. SILVA, T. R. D. A. C. Arranjo Populacional Para a Variedade Uenf-14 De Milho Pipoca. **Revista Brasileira de Milho e Sorgo**, v. 16, n. 3, p. 401, 2017.

YAN, P.; CHEN, Y.; SUI, P.; VOGEL, A. ZHANG, X. Effect of maize plant morphology on the formation of apical kernels at different sowing dates and under different plant densities. **Field Crops Research**, v. 223, n. 83-92, 2018.