



NITROGÊNIO EM COBERTURA, TRATAMENTO DE SEMENTE E APLICAÇÃO FOLIAR NO TRIGO

Thomas Newton Martin¹, Arícia Ritter Corrêa², Matheus Martins Ferreira³, Guilherme de Almeida Arismendi², Matheus Mota Lanzarin²

¹Professor doutor do curso de Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil. Email: martin.ufsm@gmail.com

²Graduando (a) em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil

³Doutorado em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, Brasil

Recebido em: 15/05/2021 – Aprovado em: 15/06/2021 – Publicado em: 30/06/2021
DOI: 10.18677/EnciBio_2021B18

RESUMO

O manejo nutricional do trigo pode modificar a produtividade e a qualidade dos grãos. A adubação nitrogenada em cobertura, o tratamento de semente e aplicação de fertilizantes foliares são ferramentas que podem alterar o estado nutricional da planta. No entanto, a eficiência desses métodos depende da cultivar e da forma de aplicação. Assim, objetivou-se com essa pesquisa avaliar a adubação nitrogenada em cobertura, tratamento de semente e aplicação foliar de nutrientes nos componentes de produtividade do trigo. O experimento foi realizado em 2012 e 2013. Os tratamentos foram distribuídos em um fatorial 4x6, com quatro repetições. O primeiro fator foi composto por quatro cultivares de trigo: Tbio Itaipu; Fundacep Raízes; Tbio Quartzo; Tbio Mirante, e o segundo fator por seis formas de adubação: “i” 45 kg ha⁻¹ de N início do perfilhamento e no perfilhamento pleno + 10 kg ha⁻¹ de N na antese; “ii” 45 kg ha⁻¹ de N no início do perfilhamento; “iii” controle; “iv” aplicação de nutrientes via tratamento de semente “TS” e foliar no perfilhamento, início do emborrachamento, emborrachamento pleno e grão leitoso; “v” TS e foliar em perfilhamento e emborrachamento pleno; “vi” TS e foliar no emborrachamento pleno. Foram avaliados os componentes de produtividade e características de crescimento e desenvolvimento da planta de trigo. A utilização de 45 kg ha⁻¹ de nitrogênio no início do perfilhamento e no perfilhamento pleno, mais 10 kg ha⁻¹ de nitrogênio na antese incrementou a massa de plantas, massa de hectolitro e produtividade de grãos do trigo.

PALAVRAS-CHAVE: Adubação foliar. Formas de adubação. Manejo do trigo.

NITROGEN TOPDRESSING, SEED TREATMENT, AND FOLIAR APPLICATION ON WHEAT

ABSTRACT

The nutritional management of wheat can modify grain yield and quality. The nitrogen topdresses application, seed treatment, and application of foliar fertilizers are tools that can change the nutritional status of the plant. However, the efficiency of these methods depends on how to cultivate and the form of application. Thus, the objective of this research was to evaluate nitrogen topdresses application, seed treatment, and foliar application of nutrients in the components of wheat productivity. The experiment was carried in 2012 and 2013. The treatments were distributed in a 4x6 factorial, with four replications. The first factor was composed of four wheat cultivars: Tbio Itaipu; Fundacep Raízes; Tbio Quartz; Tbio Mirante, and the second factor for six forms of fertilization: "i" 45 kg ha⁻¹ of N beginning of tillering and in full tillering + 10 kg ha⁻¹ of N in anthesis; "ii" 45 kg ha⁻¹ of N at the beginning of tillering; "iii" control; "iv" application of nutrients via seed treatment "TS" and foliar in tillering, start of rubber, full rubber and milky grain; "v" TS and foliar in profiling and full rubber; "vi" TS and leaf in full rubber. The components of productivity and characteristics of growth and development of the wheat plant were evaluated. The use of 45 kg ha⁻¹ of nitrogen at the beginning of tillering and in full tillering and the addition of 10 kg ha⁻¹ of N in anthesis increased the plant mass, hectoliter mass and grain yield of wheat.

KEYWORDS: Foliar fertilization. Fertilization methods. Wheat management.

INTRODUÇÃO

A introdução de novas cultivares de trigo para atender a demanda pelo mercado consumidor também impôs modificações no manejo da adubação na cultura ao longo dos anos, fazendo com que técnicas de manejo amplamente utilizadas fossem modificadas, principalmente para a melhoria do uso do nitrogênio (N) (OLIVEIRA *et al.*, 2020). Comumente, o manejo da adubação nitrogenada no trigo é realizado em estádios de desenvolvimento específicos, visando a melhor utilização do N pela planta. Se o manejo for inadequado, a planta pode sofrer de deficiência e reduzir a produção e a qualidade de grãos, por outro lado, o excesso pode provocar problemas com acamamento e, ainda gerar excesso de N no solo (ZHAO *et al.*, 2020).

A adubação nitrogenada no trigo geralmente é realizada na semeadura e no início do perfilhamento (SILVA *et al.*, 2017). Além disso, pode ser complementada no estágio de emborrachamento, do qual, pode aumentar a sobrevivência dos afilhos emitidos pela planta, incrementar a massa dos grãos, o teor de proteína e, conseqüentemente, a qualidade industrial do trigo (PIRES *et al.*, 2011). No entanto, se o manejo realizado não suprir as necessidades da planta por N na pré-antese, o crescimento, perfilhamento e a sobrevivência das flores diferenciadas podem ser reduzidos (ZHAO *et al.*, 2020).

As cultivares de trigo com alto potencial produtivo não requerem somente macronutrientes em maiores quantidades, mas também necessitam de maiores quantidades de micronutrientes para atingir altas produtividades (ZHAO *et al.*, 2011). Esses nutrientes, por sua vez, podem ser fornecidos pela aplicação no solo, via semente ou foliar. A aplicação no solo torna-se crítica em ambientes onde ocorre

condições adversas para a solubilização destes e para o crescimento radicular. Assim, a aplicação via semente complementada pela aplicação foliar pode constituir de forma mais prática e eficaz de adubação do trigo.

O manejo adequado da taxa de aplicação do N proporciona alto rendimento e uso do N no trigo (DUAN *et al.*, 2019). Nessa ótica, devido ao nitrogênio ser um dos principais limitantes da produtividade de grãos da cultura do trigo (HOOGMOED *et al.*, 2018), desempenhando papel crucial no crescimento, desenvolvimento das plantas e acúmulo de proteína (WANG *et al.*, 2016; WU *et al.*, 2019), o manejo deve ser constantemente estudado. Da mesma forma, os demais macro e micronutrientes, visto que, a demanda vem aumentando devido ao maior potencial das cultivares. Assim, objetivou-se com essa pesquisa avaliar a adubação nitrogenada em cobertura, tratamento de semente e a aplicação foliar de nutrientes nos componentes de produtividade do trigo.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido a campo em 2012 e 2013, na área experimental do departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), localizada nas coordenadas geográficas 29° 43' Sul, 53° 44' Oeste e altitude média de 116 m. O clima da região conforme a classificação de Koppen é do tipo Cfa subtropical sem estação seca e verão quente (ALVARES *et al.*, 2013). O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho distrófico arênico (EMBRAPA, 2013). As características químicas e físicas da área do experimento foram: Argila = 24%; pH= 4,8; matéria orgânica = 2,4%; P = 12,6 mg/dm³; K = 60 mg/dm³; Ca = 5,7 cmol_d/dm³; Mg = 2.7 cmol_d/dm³; H + Al = 10,9 cmol_d/dm³; CTC = 19,4 cmol_d/dm³; saturação de bases = 44%.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com os tratamentos distribuídos em um fatorial 4x6, com quatro repetições. O primeiro fator foi composto por quatro cultivares de trigo: Tbio Itaipu; Fundacep Raízes; Tbio Quartzo; Tbio Mirante. O segundo fator foi composto por seis formas de adubação: “i” 45 kg ha⁻¹ de N início do perfilhamento e no perfilhamento pleno + 10 kg ha⁻¹ de N na antese; “ii” 45 kg ha⁻¹ de N no início do perfilhamento; “iii” controle; “iv” aplicação de nutrientes via tratamento de semente “TS” e foliar no perfilhamento, início do emborrachamento, emborrachamento pleno e grão leitoso; “v” TS e foliar no perfilhamento e emborrachamento pleno; “vi” TS e foliar no emborrachamento pleno.

QUADRO 1- Características do TS e da aplicação foliar nos tratamentos “iv”, “v” e “vi”.

Tratamento “iv”	
TS	Tratamento das semente com fósforo (P ₂ O ₅ 8% p/p 112 g L ⁻¹), potássio (K ₂ O 10% p/p 140 g L ⁻¹), magnésio (Mg 0,5% p/p 7 g L ⁻¹), enxofre (S 2,5% p/p 35 g L ⁻¹), boro (B 0,5% p/p 7 g L ⁻¹), cobre (Cu 0,2 % p/p 2,8 g L ⁻¹), ferro (Fe 0,1% p/p 1,4 g L ⁻¹), manganês (Mn 0,5% p/p 7 g L ⁻¹), molibdênio (Mo 0,05% p/p 0,7 g L ⁻¹) e zinco (Zn 1% p/p 14 g L ⁻¹).
Foliar	Aplicação foliar no perfilhamento da solução contendo nitrogênio (N 30% p/p 381 g L ⁻¹), fósforo (P ₂ O ₅ 8% p/p 112 g L ⁻¹), potássio (K ₂ O 11% p/p 112 g L ⁻¹), magnésio (Mg 1,8% p/p 25,2 g L ⁻¹), enxofre (S 1,8 % p/p 25,2 g L ⁻¹), boro (B 0,5% p/p 7 g L ⁻¹), cobre (Cu 0,2 % p/p 2,8 g L ⁻¹) e ferro (Fe 0,1 %

	p/p 1,4 g L ⁻¹), aplicação foliar no emborrachamento da solução contendo fósforo (P ₂ O ₅ 30% p/p 420 g L ⁻¹) e aplicação foliar no estágio de grãos leitoso da solução contendo potássio (K ₂ O 20% p/p 280 g L ⁻¹).
	Tratamento “v”
TS	Tratamento das semente com fósforo (P ₂ O ₅ 8% p/p 112 g L ⁻¹), potássio (K ₂ O 10% p/p 140 g L ⁻¹), magnésio (Mg 0,5% p/p 7 g L ⁻¹), enxofre (S 2,5% p/p 35 g L ⁻¹), boro (B 0,5% p/p 7 g L ⁻¹), cobre (Cu 0,2 % p/p 2,8 g L ⁻¹), ferro (Fe 0,1% p/p 1,4 g L ⁻¹), manganês (Mn 0,5% p/p 7 g L ⁻¹), molibdênio (Mo 0,05% p/p 0,7 g L ⁻¹) e zinco (Zn 1% p/p 14 g L ⁻¹).
Foliar	Aplicação foliar de fósforo (P ₂ O ₅ 30% p/p 420 g L ⁻¹) e potássio (K ₂ O 20% p/p 280 g L ⁻¹) no emborrachamento.
	Tratamento “vi”
TS	Tratamento das semente com fósforo (P ₂ O ₅ 8% p/p 112 g L ⁻¹), potássio (K ₂ O 10% p/p 140 g L ⁻¹), magnésio (Mg 0,5% p/p 7 g L ⁻¹), enxofre (S 2,5% p/p 35 g L ⁻¹), boro (B 0,5% p/p 7 g L ⁻¹), cobre (Cu 0,2% p/p 2,8 g L ⁻¹), ferro (Fe 0,1% p/p 1,4 g L ⁻¹), manganês (Mn 0,5% p/p 7 g L ⁻¹), molibdênio (Mo 0,05% p/p 0,7 g L ⁻¹) e zinco (Zn 1% p/p 14 g L ⁻¹).
Foliar	Aplicação foliar de nitrogênio (N 30% p/p 381 g L ⁻¹), fósforo (P ₂ O ₅ 8% p/p 112 g L ⁻¹), potássio (K ₂ O 11% p/p 112 g L ⁻¹), magnésio (Mg 1,8% p/p 25,2 g L ⁻¹), enxofre (S 1,8% p/p 25,2 g L ⁻¹), boro (B 0,5% p/p 7 g L ⁻¹), cobre (Cu 0,2% p/p 2,8 g L ⁻¹) e ferro (Fe 0,1% p/p 1,4 g L ⁻¹) no perfilhamento.

Por ocasião da semeadura, as sementes das cultivares de trigo foram tratadas com o inseticida Imidacloprido 150 g L⁻¹ associado ao Tiodiocarbe 450 g L⁻¹ na dosagem de 0,3 L do produto comercial para cada 100 kg de sementes e o fungicida Triazol 150 g L⁻¹ na dosagem de 0,2 L do produto para 100 kg de sementes. Em seguida foi realizado o tratamento da sementes com os nutrientes nos níveis “iv”, “v” e “vi” do fator D. A semeadura foi realizada utilizando o espaçamento de 0,20 m entre fileiras e densidade de 380 sementes m². A parcela possuía uma área total de 18 m². Para todos os tratamentos foram realizadas adubação de base com 320 kg ha⁻¹ da fórmula 05-20-20 (NPK). Os demais manejos foram efetuados de acordo com as recomendações técnicas para a cultura do trigo (SILVA *et al.*, 2017).

As variáveis avaliadas foram o número plantas m², número de afilhos férteis, número de espigas m², número de espiguetas, número de grãos por espiga, massa de grãos por espiga, massa seca por planta, estatura de plantas, massa de hectolitro, índice de colheita, massa de 100 grãos e produtividade de grãos. A colheita foi realizada manualmente quando a cultura se apresentava no estágio de maturação fisiológica, sendo colhida a área útil de 6,2 m² por parcela. Os valores produtividade foram corrigidos para 13% de umidade e extrapolados para quilogramas por hectare.

As variáveis: massa seca de plantas, massa de grãos na espiga, estatura de plantas, massa de hectolitro, número de afilhos por planta e produtividade de grãos foram analisadas em conjunto, sendo realizada a análise de variância conjunta com os dois anos de cultivo. As demais variáveis foram analisadas em cada ano de cultivo. Desta forma, quando os dados submetidos a análise de variância apresentaram efeito

significativo entre os tratamentos foi realizado o teste complementar de separação de médias de Tukey (p 0,05).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância conjunta evidenciou interação significativa das cultivares e formas de adubação para a massa da planta e número de afilhos por planta. Houve efeito isolado da cultivar sobre a estatura de planta e massa de hectolitro, já para as formas de adubação houve efeito isolado para massa de hectolitro e produtividade de grãos. A massa de grãos na espiga não foi afetada pelos tratamentos (Tabela 1).

No ano de 2012 houve interação significativa das cultivares e formas de adubação apenas para produtividade de grãos. Houve efeito isolado da cultivar sobre número de plantas e número de espigas, já para as formas de adubação houve efeito isolado para número de espigas. No ano de 2013 houve interação significativa das cultivares e formas de adubação para todas as variáveis avaliadas (Tabela 1).

TABELA 1 Resumo da análise de variância conjunta para as variáveis massa seca de plantas (MP), massa de grãos na espiga (MG), estatura de plantas (EP), massa de hectolitro (MH), número de afilhos por planta (NAF) e produtividade de grãos (PG) e, individual para o ano de 2012 e 2013 sobre o número de espiguetas por espiga (NEE), número de plantas por metro quadrado (NP), número de espigas (NE), índice de colheita (IC), massa de cem grãos (MCG) de trigo.

Análise conjunta							
Fonte de variação	GL ²	MP	MG	EP	MH	NAF	PG
Cultivar (C)	3	0,78 **	0,07	100,69 **	84,57 **	0,21	228041,79
Adubação (A)	5	0,33 **	0,05	26,72	33,50 **	0,33 **	804694,71 **
C x A	15	0,16 *	0,17	18,76	8,54	0,19 *	254829,18
Bloco	5	0,21 *	0,04 **	924,52 **	593,68 **	0,63 **	144821,95
Erro	15	0,09	0,04	15,95	7,23	0,11	229784,08
CV ¹	-	12,66	18,05	5,65	3,79	20,91	18,18
Média	-	2,31	1,04	70,62	70,9	1,56	2636,31
Análise individual							
Ano 2012							
Fonte de variação	GL ²	NEE	NP	NE	IC	MCG	
Cultivar (C)	3	8,82	48502,31 **	129337,96 **	0,00	0,17	
Adubação (A)	5	1,57	12081,57	44960,83 **	0,00	3,59 *	
C x A	15	4,45	4949,26	6397,69	0,00	0,48 *	
Bloco	2	15,73	13840,86	8037,65	0,02	0,02	
Erro	46	4,59	5507,64	8054,16	0,01	0,08	
CV ¹	-	14,84	22,81	19,62	21,90	3,10	
Média	-	14,43	325,42	457,5	0,44	9,18	
Ano 2013							
Fonte de variação	GL ²	NEE	NP	NE	IC	MCG	
Cultivar (C)	3	12,10 **	21547,77 **	19936,96 **	0,00 **	3,31 **	
Adubação (A)	5	3,27 **	7691,61 **	29038,16 **	0,00 **	0,06 **	
C x A	15	7,60 **	9322,63 **	885,45 **	0,01 *	0,03 **	

Bloco	2	13,51 [*]	976,04	1592,39	0,00	0,01
Erro	46	0,95	431,39	625,33	0,00	0,01
CV ¹	-	6,06	9,08	6,83	4,87	3,26
Média	-	16,13	228,85	366,26	0,45	3,37

¹ Coeficiente de variação. ² Graus de liberdade. ^{**} Significativo ao nível de 1% de probabilidade (p 0,01), ^{*} significativo ao nível de 5% de probabilidade (p 0,05).

A cultivar Mirante apresentou o melhor desempenho na produção de massa seca, sendo que, o tratamento com a aplicação de 45 kg ha⁻¹ de N início do perfilhamento e no perfilhamento pleno + 10 kg ha⁻¹ de N na antese e o tratamento com a aplicação dos nutrientes em TS mais aplicação foliar no perfilhamento, início do emborrachamento, emborrachamento pleno e grão leitoso foram as formas de adubação mais responsivas (Tabela 2). A massa seca do trigo possui correlação positiva com a produtividade de grãos (WU *et al.*, 2019). Segundo Penckowski *et al.* (2009), a dose de 90 kg ha⁻¹ de N atende as necessidades da cultura do trigo permitindo que as plantas expressem seu potencial produtivo. No entanto, a ocorrência de deficiência de N na pré-antese do trigo pode acarretar na redução do crescimento e no perfilhamento (ZHAO *et al.*, 2020). Segundo Duan *et al.* (2019), o alto rendimento e uso do N pode ser alcançado mantendo uma alta concentração de N no período entre o alongamento e a antese.

TABELA 2 Massa seca de plantas (g planta⁻¹) de trigo em função de diferentes cultivares e formas de adubação.

Cultivar	Tratamento					
	I ^{**}	II	III	IV	V	VI
Itaipu	2,21 Ab [*]	2,24 Aab	2,10 Aa	2,35 Aab	2,21 Aab	2,05 Aa
Raízes	2,31 Ab	1,93Ab	2,35 Aa	2,33 Ab	2,09 Ab	2,10 Aa
Quartzo	2,50 Aab	2,39 Aa	2,45 Aa	2,38 Aab	2,14 Ab	2,25 Aa
Mirante	2,79 Aa	2,48 ABa	2,14 Ba	2,79 Aa	2,61 ABa	2,22 Ba

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. ^{**}I: 45 kg ha⁻¹ de N início do perfilhamento e no perfilhamento pleno + 10 kg ha⁻¹ de N em antese; II: 45 kg ha⁻¹ de N no início do perfilhamento; III: Controle; IV: TS e Foliar no perfilhamento, início do emborrachamento, emborrachamento pleno e grão leitoso; V: TS e Foliar em Perfilhamento e emborrachamento pleno; VI: TS e foliar no emborrachamento pleno.

A qualidade da população de trigo é afetada pela composição dos perfilhos (XU *et al.*, 2015). As cultivares utilizadas nessa pesquisa possuem capacidade média de emissão de afilhos, contudo, a cultivar Mirante apresentou maiores valores para o número de afilhos férteis quando foram aplicados nutrientes em TS e foliar no emborrachamento pleno (Tabela 3). A emissão, o desenvolvimento e a sobrevivência dos afilhos são de extrema importância para a cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.), pois, o número de afilhos férteis está diretamente relacionado ao número de espigas por unidade de área e indiretamente com produtividade de grãos (PIETRO-SOUZA *et al.*, 2013).

TABELA 3 Número de afilhos férteis (m^{-2}) de trigo em função de diferentes cultivares e formas de adubação.

Cultivar	Tratamento					
	I**	II	III	IV	V	VI
Itaipu	1,50 Aa*	1,73 Aa	1,41 Aa	1,92 Aa	1,64 Aa	1,62 Ab
Raízes	1,37 Aa	1,52 Aa	1,34 Aa	1,38 Ab	1,57 Aa	1,53 Ab
Quartzo	1,55 Aa	1,70 Aa	1,38 Aa	1,44 Aab	1,72 Aa	1,51 Ab
Mirante	1,38 Ba	1,34 Ba	1,44 Ba	1,53 Bab	1,65 ABa	2,15 Aa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. **I: 45 kg ha⁻¹ de N início do perfilhamento e no perfilhamento pleno + 10 kg ha⁻¹ de N em antese; II: 45 kg ha⁻¹ de N no início do perfilhamento; III: Controle; IV: TS e foliar no perfilhamento pleno, início do emborrachamento, emborrachamento pleno e grão leitoso; V: TS e foliar no perfilhamento pleno e emborrachamento pleno; VI: TS e foliar no emborrachamento pleno.

O peso hectolitro do trigo é um parâmetro que pode ser afetado pelos tipos e doses de fertilizantes (ELJAK *et al.*, 2018). Os tratamentos com a aplicação de 45 kg ha⁻¹ de N início do perfilhamento e no perfilhamento pleno + 10 kg ha⁻¹ de N na antese e o tratamento com aplicação dos nutrientes em TS mais aplicação foliar no perfilhamento, início do emborrachamento, emborrachamento pleno e grão leitoso foram as formas de adubação que resultaram nos maiores valores de massa de hectolitro (Tabela 4). A massa de hectolitro é um parâmetro que correlaciona positivamente com a qualidade e o rendimento de farinha (ELJAK *et al.*, 2018). Desta forma, os resultados evidenciam que a qualidade de grãos de trigo pode ser mantida mesmo com a aplicação dos nutrientes via semente e foliar durante o desenvolvimento da cultura.

A produtividade de grãos de trigo foi estatisticamente menor no tratamento em que foi aplicado TS, mais foliar no perfilhamento, início de emborrachamento, emborrachamento pleno e grão leitoso (Tabela 4). A aplicação de N em cobertura não proporcionou aumento significativo da produtividade, o que não corrobora com a literatura. Em geral, a aplicação de N aumenta a produtividade de grãos de trigo (ISHAQUE *et al.*, 2020). Kitonyo *et al.* (2018) verificaram que a aplicação de 25 kg ha⁻¹ de N na semeadura, 50 kg ha⁻¹ no perfilhamento e 25 kg ha⁻¹ na emergência da espiga proporcionaram maiores produtividades de grãos de trigo. A disponibilização de N no desenvolvimento inicial da cultura, bem como nos estádios de maior necessidade (perfilhamento e início e final do emborrachamento) é crucial alcançar alta produtividade.

TABELA 4 Massa de hectolitro e produtividade de grãos de trigo em função das formas de adubação.

Tratamento	Massa de hectolitro	Produtividade de grãos
	(kg L ⁻¹)	(kg ha ⁻¹)
I**	71,80 a*	2867,55 a
II	70,73 ab	2754,89 ab
III	70,04 ab	2545,46 ab
IV	72,01 a	2375,91 b

V	70,01 ab	2527,36 ab
VI	69,05 b	2746,68 ab

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. **I: 45 kg ha⁻¹ de N início do perfilhamento e no perfilhamento pleno + 10 kg ha⁻¹ de N em antese; II: 45 kg ha⁻¹ de N no início do perfilhamento; III: Controle; IV: TS e foliar no perfilhamento pleno, início do emborrachamento, emborrachamento pleno e grão leitoso; V: TS e foliar no perfilhamento pleno e emborrachamento pleno; VI: TS e foliar em emborrachamento pleno.

O número de espigas apresentou os maiores valores com a utilização de 45 kg ha⁻¹ de N início do perfilhamento e no perfilhamento pleno + 10 kg ha⁻¹ de N na antese e/ou de 45 kg ha⁻¹ de N no início do perfilhamento, incrementando em até 120 espigas quando comparado ao controle. O tratamento com 45 kg ha⁻¹ início de perfilhamento e perfilhamento pleno + 10 kg ha⁻¹ de N na antese aumentou em 1,27 g a massa de cem grãos quando comparado ao tratamento com a utilização do TS mais foliar no perfilhamento, início do emborrachamento, emborrachamento pleno e grão leitoso (Tabela 5).

O número de espigas é influenciado pela disponibilidade de N e P durante o estágio de afilamento (PIETRO-SOUZA *et al.*, 2013). Desta forma, o fornecimento de N no início de perfilhamento é importante, uma vez que, o número de espigas é uma variável dependente do número de filhos que cada planta produz, mantém e desenvolve até o final do ciclo. Contudo, com a aplicação de N mais tardia, no estágio de perfilhamento pleno, houve incremento da massa de cem grãos (Tabela 5).

TABELA 5 Número de espiguetas e massa de cem grãos de trigo para o ano de 2012 em função das formas de adubação.

Tratamento	Número de espigas m ²	Massa de cem grãos (g)
I**	529,17 ab	10,14 a
II	540,83 a	9,08 c
III	420,00 c	8,87 cd
IV	397,92 c	9,42 b
V	425,42 bc	9,05 c
VI	431,67 bc	8,54 d

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. **I: 45 kg ha⁻¹ de N início do perfilhamento e no perfilhamento pleno + 10 kg ha⁻¹ de N em antese; II: 45 kg ha⁻¹ de N no início do perfilhamento; III: Controle; IV: TS e foliar no perfilhamento pleno, início do emborrachamento, emborrachamento pleno e grão leitoso; V: TS e foliar no perfilhamento pleno e emborrachamento pleno; VI: TS e foliar em emborrachamento pleno.

A aplicação parcelada de N pode reduzir a altura das plantas de trigo em ambientes de alto rendimento e conseqüentemente o risco de acamamento (WU *et al.*, 2019). No experimento não foi observada influência das formas de adubação sobre a estatura de plantas, característica importante que está relacionada com o potencial de acamamento. Por outro lado, as cultivares avaliadas diferiram entre si, sendo que a cultivar Itaipu apresentou a menor estatura (Tabela 6). As cultivares que apresentam

maiores valores para estatura são mais propensas à maior incidência de plantas acamadas (PENCKOWSKI *et al.*, 2009).

A maior massa de hectolitro foi observada na cultivar Raízes (Tabela 6), indicando a existência de diferenças fisiológicas importantes entre as cultivares no que tange ao acúmulo de N na parte aérea da planta e a remobilização para os grãos (MENDES *et al.*, 2011). No ano de 2012, o maior número de plantas por metro quadrado foi observado na cultivar Itaipu. Porém, para o número de espiguetas, a cultivar Itaipu não diferiu da Quartzo (Tabela 6).

TABELA 6 Médias da estatura e massa de hectolitro para a análise conjunta e, número de plantas e espiguetas para ano de 2012 das diferentes cultivares de trigo.

Cultivar	Análise conjunta		2012	
	Estatura de planta	Massa de hectolitro	Número de plantas	Número de espiguetas
	(cm)	(kg hL ⁻¹)		
Itaipu	68,20 b	70,95 b	401,67 a	557,22 a
Raízes	70,82 a	72,95 a	295,83 b	388,61 b
Quartzo	71,64 a	70,34 b	314,44 b	498,61 a
Mirante	71,82 a	69,31 b	289,72 b	385,56 b

Médias seguidas pela mesma letra não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

A aplicação dos nutrientes em TS e foliar no emborrachamento pleno na cultivar Quartzo no ano de 2013 proporcionou o maior número de espigas por unidade de área. Já o número de espiguetas foi maior na cultivar Raízes com a aplicação dos nutrientes em TS e foliar no perfilhamento pleno, início do emborrachamento, emborrachamento pleno e grão leitoso (Tabela 7).

TABELA 7 Média do número de espigas e espiguetas de trigo em função de diferentes cultivares e formas de adubação no ano de 2013.

Cultivar	Número de espigas m ²						
	Tratamento						
	I*	II	III	IV	V	VI	
Itaipu	262,50 Cb*	393,33 Aa	320,00 BCb	332,50 Ba	430,0 Aa	430,63 Ab	
Raízes	368,75 Ba	396,67 ABa	385,00 ABa	377,50 Ba	410,0 ABa	440,00 Ab	
Quartzo	315,00 Cab	407,50 Ba	335,00 Cab	242,50 Db	448,33 Ba	566,67 Aa	
Mirante	337,50 Aa	315,00 Ab	292,50 Ab	332,50 Aa	333,33 Ab	317,50 Ac	
Cultivar	Número de espiguetas espiga ⁻¹						
	Itaipu	15,97 Aba*	14,57 Ba	17,05 Aab	16,75 ABb	16,40 ABab	14,93 ABb
	Raízes	16,15 Ca	15,27 Ca	18,80 ABa	20,10 Aa	15,60 Cb	17,63 BCa
	Quartzo	16,45 Aa	15,25 Aa	16,60 Ab	13,60 BCc	12,95 Cc	15,90 ABab
	Mirante	16,65 ABa	15,45 Ba	15,15 Bb	14,70 Bbc	18,00 Aab	16,33 ABab

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. *I: 45 kg ha⁻¹ de N início do perfilhamento e no perfilhamento pleno + 10 kg ha⁻¹ de N em antese; II: 45 kg ha⁻¹ de N no início do perfilhamento; III: Controle; IV: TS e foliar no perfilhamento pleno, início do emborrachamento, emborrachamento pleno e grão leitoso; V: TS e foliar no perfilhamento pleno e emborrachamento pleno; VI: TS e foliar em emborrachamento pleno.

No ano de 2012, independente da cultivar avaliada, os valores mais elevados para a variável massa de 100 grãos foram observados com a utilização de 45 kg ha⁻¹ no início do perfilhamento e perfilhamento pleno + 10 kg ha⁻¹ de N na antese (Tabela 8). Entretanto, as cultivares Itaipu e Raízes responderam positivamente a aplicação dos nutrientes no TS e foliar em perfilhamento, início do emborrachamento, emborrachamento pleno e grão leitoso. No ano de 2013, as cultivares Quartzo e Mirante apresentaram valores inferiores quando submetidas ao TS e foliar no perfilhamento e emborrachamento pleno e ao tratamento controle, respectivamente. A massa de cem grãos está relacionada com o tamanho do grão e o aumento da massa está associado ao acúmulo de metabólitos durante o início do enchimento de grãos. Desta forma, o fornecimento de N realizado no início do perfilhamento e perfilhamento pleno pode gerar incremento da massa de grãos de trigo.

TABELA 8 Média da massa de cem grão de trigo em função de diferentes cultivares e formas de adubação no ano de 2012 e 2013.

Cultivar	I*	II	III	IV	V	VI
2012						
Itaipu	9,79 Ab	8,59 Bc	8,44 Bb	9,73 Aa	9,01 Bab	8,97 Ba
Raízes	10,45 Aa	8,81 Cbc	8,79 Cab	9,85 ABa	9,56 Ba	8,12 Cb
Quartzo	10,20 Aab	9,42 Bab	8,93BCab	8,99 BCb	8,66 Cb	8,43 Cab
Mirante	10,10 Aab	9,48 ABa	9,30 BCa	9,11 BCb	8,96 BCab	8,67 Cab
2013						
Itaipu	3,37 Ab*	3,42 Ab	3,38 Ab	3,27 Ab	3,25 Ab	3,21 Ab
Raízes	2,96 Ac	2,82 Ac	2,90 Ac	2,84 Ac	2,72 Ac	2,81 Ac
Quartzo	3,53 ABb	3,41 ABb	3,66 Aa	3,42 ABb	3,28 Bb	3,32 Bb
Mirante	3,90 ABCa	3,90 ABCa	3,70 Ca	4,09 Aa	3,74 BCa	3,98 ABa

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. *I: 45 kg ha⁻¹ de N início do perfilhamento e no perfilhamento pleno + 10 kg ha⁻¹ de N em antese; II: 45 kg ha⁻¹ de N no início do perfilhamento; III: Controle; IV: TS e foliar no perfilhamento pleno, início do emborrachamento, emborrachamento pleno e grão leitoso; V: TS e foliar no perfilhamento pleno e emborrachamento pleno; VI: TS e foliar em emborrachamento pleno.

As cultivares Raízes e Quartzo apresentaram índice de colheita inferiores aos demais com utilização dos nutrientes em TS e foliar no perfilhamento, início do emborrachamento, emborrachamento pleno e grão leitoso (Tabela 9). No entanto, essas alterações no índice de colheita com a aplicação foliar de nutriente não necessariamente causam efeitos na produtividade de grãos (MARTIN *et al.*, 2017). Apesar de, quanto menor o índice de colheita, menor é a capacidade de absorção de nutrientes e de conversão dos fotoassimilados em massa de grãos.

TABELA 9 Índice de colheita de trigo em função de diferentes cultivares e formas de adubação no ano de 2013.

Cultivar	I*	II	III	IV	V	VI
Itaipu	0,45 Aa*	0,46 Aa	0,46 Aa	0,45 Aa	0,45 Aab	0,51 Aa
Raízes	0,46 ABa	0,45 ABa	0,45 ABa	0,42 Ba	0,50 Aa	0,45 ABb
Quartzo	0,44 ABa	0,43 ABa	0,45 ABa	0,41 Ba	0,44 ABc	0,46 Aab
Mirante	0,46 Aa	0,44 Aa	0,45 Aa	0,43 Aa	0,44 Abc	0,46 Aab

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. *I: 45 kg ha⁻¹ de N início do perfilhamento e no perfilhamento pleno + 10 kg ha⁻¹ de N em antese; II: 45 kg ha⁻¹ de N no início do perfilhamento; III: Controle; IV: TS e foliar no perfilhamento pleno, início do emborrachamento, emborrachamento pleno e grão leitoso; V: TS e foliar no perfilhamento pleno e emborrachamento pleno; VI: TS e foliar em emborrachamento pleno.

As cultivares (COHAN *et al.*, 2019) possuem respostas diferentes a aplicação de N em função do estágio de aplicação (ZHAO *et al.*, 2020). No experimento ficou evidente que o parcelamento do N durante o perfilhamento mais aplicação na antese foi melhor que os demais manejos realizados. No entanto, a aplicação em TS e foliar apresentaram potencial em incrementar a massa de hectolitro, caractere importante da qualidade do trigo.

CONCLUSÃO

A utilização de 45 kg ha⁻¹ de N no início do perfilhamento e no perfilhamento pleno, somada a adição de 10 kg ha⁻¹ de N na antese incrementa a massa de plantas, massa de hectolitro e produtividade de grãos do trigo, para todas as cultivares avaliadas.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C. DE MORAES, J. L. G.; SPAVOREK, G.; Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1127/0941-2948/2013/0507>>. doi: 10.1127/0941-2948/2013/0507

COHAN, J. P.; SOUDER, C. L.; GUICHERD, C.; LORGEOU, J.; CHEYRON, P. D.; BONNEFOY, M.; *et al.*; Combining breeding traits and agronomic indicators to characterize the impact of cultivar on the nitrogen use efficiency of bread wheat. **Field Crops Research**, v. 242, p. 107588, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107588>>. doi: 10.1016/j.fcr.2019.107588

DUAN, J.; SHAO, Y.; HE, L.; LI, X.; HOU, G.; LI, S.; FENG, W.; ZHU, Y.; WANG, Y.; XIE, Y.; Optimizing nitrogen management to achieve high yield, high nitrogen efficiency and low nitrogen emission in winter wheat. **Science of The Total Environment**, v. 697, p. 134088, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.134088>>. doi: 10.1016/j.scitotenv.2019.134088

ELJAK, S. A.; HASSAN, H. A.; GORAFI, Y. S. A.; AHMED, I. A. M.; ALI, M. Z. A.; Effect of fertilizers application and growing environment on physicochemical properties and

bread making quality of Sudanese wheat cultivar. **Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences**, v. 17, n. 4, p. 376-384, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jssas.2016.09.002>>. doi: 10.1016/j.jssas.2016.09.002

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura e do Abastecimento, 2013. 353p. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/sibcs/apresentacao>>.

HOOGMOED, M.; NEUHAUS, A.; NOACK, S.; SADRAS, V. O.; Benchmarking wheat yield against crop nitrogen status. **Field Crops Research**, v. 222, n. 1, p. 153-163, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2018.03.013>>. doi: 10.1016/j.fcr.2018.03.013

ISHAQUE, W.; SHELIA, V.; ANOTHAI, J.; ZAMAN, M.; Determining optimum nitrogen management as a function of planting date for spring wheat (*Triticum aestivum* L.) under semi-arid conditions using a modeling approach. **Journal of Arid Environments**, v. 182, p. 104256, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2020.104256>>. doi:10.1016/j.jaridenv.2020.104256

KITONYO, O. M.; ZHOU, Y.; COVENTRY, D. R.; DENTON, M. D.; Canopy development and grain yield of dryland wheat is modified by strategic nitrogen supply and stubble management. **European Journal of Agronomy**, v. 99, p. 195-205, 2018. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eja.2018.07.011>>. doi: 10.1016/j.eja.2018.07.011

MARTIN, T. N.; NUNES, U. R.; STECCA, J. D. L.; PAHINS, D. B.; Foliar application of silicon on yield components of wheat crop. **Revista Caatinga**, v. 30, n. 3, p. 578-585, 2017. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/1983-21252017v30n305rc>>. doi: 10.1590/1983-21252017v30n305rc

MENDES, M. C.; ROSÁRIO, J. G.; FARIA, M. V.; ZOCHE, J. C.; WALTER, A. L. B.; Avaliação da eficiência agronômica de *Azospirillum brasilense* na cultura do trigo e os efeitos na qualidade da farinha. **Pesquisa Aplicada & Agrotecnologia**, v. 4, n. 3, p. 95-110, 2011. Disponível em: <<https://doi.org/10.5777/paet.v4i3.1394>>. doi: <https://doi.org/10.5777/paet.v4i3.1394>

OLIVEIRA, A. S.; CIAMPITTI, I. A.; SLAFER, G. A.; LOLLATO, R. P.; Nitrogen utilization efficiency in wheat: A global perspective. **European Journal of Agronomy**, v. 114, p. 126008, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eja.2020.126008>>. doi: 10.1016/j.eja.2020.126008

PENCKOWSKI, L. H.; ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Nitrogênio e redutor de crescimento em trigo de alta produtividade. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 473-479, 2009. Disponível em: <<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v31i3.1048>>. doi: 10.4025/actasciagron.v31i3.1048

PIETRO-SOUZA, W.; BONFIM-SILVA, E. M.; SCHLICHTING, A. F.; SILVA, M. C.; Desenvolvimento inicial de trigo sob doses de nitrogênio em Latossolo Vermelho de Cerrado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 6, p. 575-580, 2013. Disponível em: <<https://doi.org/10.1590/S1415-43662013000600001>>. doi: 10.1590/S1415-43662013000600001

PIRES, J. L. F.; VARGAS, L.; CUNHA, G. D. **Trigo no Brasil: bases para produção competitiva e sustentável**. Passo Fundo: Embrapa Trigo, 2011. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/931337/trigo-no-brasil-bases-para-producao-competitiva-e-sustentavel>>.

SILVA, S. R.; FOLONI, JSS; BASSOI, M. C. **Informações técnicas para trigo e triticafe-safra 2017**. Embrapa Soja-Livro técnico (INFOTECA-E), 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-publicacoes/-/publicacao/1064344/informacoes-tecnicas-para-trigo-e-triticafe---safra-2017>>.

WANG, Z. H.; MIAO, Y.; LI, S. X. Wheat responses to ammonium and nitrate N applied at different sown and input times. **Field Crops Research**. v. 199, p. 10–20, 2016. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2016.09.002>>. doi: 10.1016/j.fcr.2016.09.002

WU, W.; MA, B.; FAN, J.; SUN, M.; YI, Y.; GUO, W.; VOLDENG, H. D.; Management of nitrogen fertilization to balance reducing lodging risk and increasing yield and protein content in spring wheat. **Field Crops Research**, v. 241, p. 107584, 2019. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107584>>. doi: 10.1016 /j.fcr.2019.107584

XU, H.; CAI, T.; WANG, Z.; HE, M.; hysiological basis for the differences of productive capacity among tillers in winter wheat. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 14, n. 10, p. 1958-1970, 2015. Disponível em: <[https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(15\)61094-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(15)61094-2)>. doi: 10.1016/S2095-3119(15)61094-2

ZHAO, A.; BAO, Q.; TIAN, X.; LU, X.; GALE, W. J.; Combined effect of iron and zinc on micronutrient levels in wheat (*Triticum aestivum* L.). **Journal of Environmental Biology**, v. 32, n. 2, p. 235–239, 2011. Disponível em: <http://jeb.co.in/journal_issues/201103_mar11/paper_16.pdf>.

ZHAO, B.; NIU, X.; ATA-UL-KARIM, S. T.; WANG, L.; DUAN, A.; LIU, Z.; GILLES, L.; Determination of the post-anthesis nitrogen status using ear critical nitrogen dilution curve and its implications for nitrogen management in maize and wheat. **European Journal of Agronomy**, v. 113, p. 125967, 2020. Disponível em: <<https://doi.org/10.1016/j.eja.2019.125967>>. doi: 10.1016/j.eja.2019.125967