



Evento: XXIX Seminário de Iniciação Científica

OTIMIZAÇÃO DO NITROGÊNIO EM TRIGO PARA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS SATISFATÓRIA E MAIOR QUALIDADE AMBIENTAL¹

OPTIMIZATION OF NITROGEN IN WHEAT FOR SATISFACTORY GRAIN PRODUCTIVITY AND HIGHER ENVIRONMENTAL QUALITY

Claudia Vanessa Argenta², Lara Laís Schünemann³, Natália Guiotto Zardin⁴, Lisa Brønstrup Heusner⁵, Natiane Carolina Ferrari Basso⁶, José Antonio Gonzalez da Silva⁷

¹ Projeto de pesquisa desenvolvido na UNIJUI;

² Estudante do curso de Agronomia, bolsista PIBIC/CNPq;

³ Estudante do curso de Agronomia, bolsista PIBIC/CNPq;

⁴ Estudante do curso de Agronomia, bolsista PIBIC/CNPq;

⁵ Estudante do curso de Agronomia, bolsista PIBITI/CNPq;

⁶ Mestranda em Sistemas Ambientais e Sustentabilidade, UNIJUI;

⁷ Professor do curso de Agronomia, UNIJUI.

RESUMO

Pesquisas com nitrogênio em trigo indicam necessidade de manejos mais sustentáveis. Objetivo do estudo é desenvolver um manejo mais sustentável de uso do nitrogênio, considerando a dose com o fornecimento total e fracionado pela estimativa da máxima eficiência técnica, econômica e de expectativa de produtividade de grãos, nos sistemas de sucessão de soja/aveia. O estudo foi conduzido de 2012 a 2018, em Augusto Pestana, RS, Brasil. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições em fatorial 5 x 3, para doses de N-fertilizante (0, 30, 60, 90, 120 kg ha⁻¹) e formas de fornecimento do nutriente [condição cheia (100%) no estágio fenológico V3 (terceira folha expandida); fracionada (70%/30%) no estágio fenológico V3/V6 (terceira e sexta folha expandida) e; fracionada (70%/30%) no estágio fenológico V3/R1 (terceira folha expandida e diferenciação da espiga)], em sistema soja/trigo. Modelos que dimensionam a dose nitrogênio pela eficiência econômica e de expectativa de 3 t ha⁻¹ em trigo se mostram indicados para otimização da produtividade de grãos e redução de perdas ao ambiente. É obtido maior aproveitamento do nitrogênio na elaboração de grãos quando aplicado em dose cheia no estágio fenológico V₃. Os resultados viabilizam um manejo mais eficiente e sustentável de uso do nitrogênio, garantindo produtividade satisfatória com redução de impactos ambientais.

Palavras-chave: *Triticum aestivum*. Manejo. Fertilizante. Soja/trigo. Sustentabilidade

INTRODUÇÃO

O trigo (*Triticum aestivum* L.) é um dos principais cereais produzidos mundialmente e mostra necessidade de desenvolvimento de pesquisas que intensifiquem uma produção mais sustentável (FAO, 2018). Na garantia de produtividade o nitrogênio é o elemento essencial para a cultura (PRANDO, et al., 2013). No entanto, este nutriente mostra grande



complexidade de ação no ambiente, sendo facilmente lixiviado em anos chuvosos e volatilizado em anos secos, aumentando os custos de produção e gerando poluição ambiental (MAMANN et al., 2017). Nesta perspectiva, torna-se necessário estratégias para otimizar o uso sustentável do nitrogênio e aderir a uma produção satisfatória, evidenciando assim a necessidade de relacionar a forma de fornecimento do nutriente em dose cheia ou fracionada. Uma condição que pode otimizar a relação entre o manejo do nutriente a elaboração de grãos com maior sustentabilidade de produção. Objetivo do estudo é desenvolver um manejo mais sustentável de uso do nitrogênio, considerando a dose com o fornecimento total e fracionado pela estimativa da máxima eficiência técnica, econômica e de expectativa de produtividade de grãos, em ano favorável, aceitável e desfavorável ao cultivo do trigo.

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido a campo de 2012 a 2018 em Augusto Pestana, RS, Brasil. O experimento foi conduzido em sistema soja/trigo, em delineamento de blocos casualizados com quatro repetições em fatorial 5 x 3, para doses de N-fertilizante (0, 30, 60, 90 e 120 kg ha⁻¹) e formas de fornecimento [condição cheia (100%) no estágio fenológico V₃ (terceira folha expandida); fracionada (70%/30%) no estágio fenológico V₃/V₆ (terceira e sexta folha expandida) e fracionada (70%/30%) no estágio fenológico V₃/R₁ (terceira folha expandida e diferenciação da espiga)], com o uso da cultivar de trigo TBIO Sintonia. As variáveis analisadas foram a produtividade de grãos e de biomassa, obtidas pelo corte de três linhas centrais de cada parcela no estágio próximo ao ponto de colheita (125 dias). Foi realizada análise de variância (não apresentado) e ajuste da função linear na estimativa da taxa de biomassa dia⁻¹ ha⁻¹ e de médias por Scott & Knott. Nas condições em que houve comportamento quadrático foi obtida estimativa da máxima eficiência técnica ($MET = -[(b_1)/(2b_2)]$) e econômica ($MEE = [(t/w) - b_1]/(2b_2)$) de uso no nitrogênio à produtividade de grãos. Para a máxima eficiência econômica estão incluídos, no modelo, o preço do produto (w) e o preço do insumo (t). Os valores representam os preços médios praticados no noroeste do RS, com preço do insumo (nitrogênio) de R\$3,52 kg⁻¹ e do produto (trigo) de R\$0,70 kg⁻¹ de grãos para venda. Em havendo comportamento linear, a produtividade de grãos foi obtida através da recomendação técnica obedecendo a expectativa de 3 t ha⁻¹, com a dose de 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio. Nas determinações foi utilizado o programa computacional Genes (CRUZ, 2006).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Tabela 1 do sistema soja/trigo, de modo geral, foi observado que independente da condição de ano agrícola, a maior taxa de produtividade de biomassa foi obtida com a dose mais elevada do nutriente, seja em dose cheia ou fracionada.

Tabela 1. Taxa de produtividade de biomassa e médias de produtividade de grãos em trigo pela dose e fracionamento do nitrogênio no sistema soja/trigo.



Dose N	V ₃			V ₃ /V ₆			V ₃ /R ₁					
	PB=a+bx	R ²	P(b)	\bar{X}_{gr}	PB=a+bx	R ²	P(b)	\bar{X}_{gr}	PB=a+bx	R ²	P(b)	\bar{X}_{gr}
2012 (AA)												
0	1633 + 68,9x	87	*	1712 c	1259 + 62,0x	93	*	1608 d	1292 + 58,1x	97	*	1574 d
30	1697 + 73,5x	90	*	2138 b	1398 + 69,4x	90	*	2116 c	1877 + 67,9x	96	*	2048 c
60	1840 + 75,9x	87	*	2330 b	1645 + 79,6x	84	*	2371 b	2026 + 80,4x	89	*	2486 b
90	2143 + 84,1x	90	*	2673 a	1992 + 88,6x	90	*	2713 a	2195 + 86,2x	85	*	2724 a
120	2414 + 94,6x	90	*	2875 a	1974 + 89,8x	90	*	2901 a	2634 + 96,0x	90	*	2847 a
Geral	1945 + 79,4x	90	*	2346 A	1654 + 77,9x	87	*	2342 A	2005 + 77,7x	91	*	2336 A
2013 (AF)												
0	1975 + 64,8x	98	*	2069 e	2478 + 70,8x	94	*	1920 e	2067 + 61,7x	90	*	1854 e
30	2075 + 78,5x	99	*	2860 d	2806 + 81,9x	96	*	2915 d	2636 + 71,9x	90	*	2563 d
60	2697 + 100,0x	97	*	3953 c	2629 + 93,9x	96	*	3591 c	2145 + 78,1x	96	*	3449 c
90	2536 + 102,5x	97	*	4307 b	2981 + 106,8x	95	*	4288 b	2181 + 82,1x	99	*	4041 b
120	2396 + 105,5x	96	*	4935 a	3300 + 119,0x	93	*	4676 a	3058 + 102,9x	98	*	4288 a
Geral	2336 + 90,3x	91	*	3625 A	2839 + 94,5x	90	*	3478 A	2417 + 79,3x	91	*	3239 B
2014 (AD)												
0	449 + 45,1x	93	*	1195 b	263 + 40,2x	89	*	942 c	547 + 42,9x	93	*	998 c
30	826 + 55,5x	95	*	1346 b	586 + 54,4x	94	*	1403 b	1287 + 59,4x	98	*	1326 b
60	1168 + 64,3x	97	*	1798 a	1160 + 66,4x	97	*	1656 a	1005 + 62,2x	98	*	1549 a
90	1024 + 67,0x	96	*	1736 a	1057 + 68,1x	97	*	1735 a	1180 + 67,7x	98	*	1658 a
120	1021 + 72,4x	95	*	1613 a	1001 + 73,8x	96	*	1536 b	883 + 72,1x	94	*	1640 a
Geral	898 + 60,8x	92	*	1538 A	813 + 60,6x	89	*	1454 A	980 + 60,8x	90	*	1434 A
2015 (AA)												
0	1138 + 59,2x	97	*	1608 c	1136 + 56,7x	96	*	1431 d	1106 + 56,5x	95	*	1436 e
30	1221 + 63,7x	96	*	2103 b	1344 + 68,7x	97	*	2163 c	1506 + 66,8x	96	*	2070 d
60	1773 + 79,5x	98	*	2875 a	1621 + 78,8x	97	*	2579 b	1512 + 74,5x	96	*	2499 c
90	1824 + 85,8x	95	*	3027 a	1876 + 88,7x	96	*	2966 a	1361 + 77,1x	94	*	2850 b
120	1857 + 90,3x	97	*	3057 a	1859 + 91,0x	96	*	3106 a	1657 + 87,5x	92	*	3052 a
Geral	1562 + 75,7x	95	*	2534 A	1567 + 76,3x	93	*	2449 A	1429 + 72,5x	90	*	2381 A
2016 (AF)												
0	2221 + 83,9x	94	*	2581 b	2217 + 82,0x	96	*	2591 c	2285 + 81,3x	98	*	2453 c
30	2563 + 92,6x	98	*	3232 a	2431 + 93,4x	98	*	3177 b	2651 + 95,3x	95	*	2999 d
60	3144 + 113,9x	92	*	3598 a	2865 + 106,9x	96	*	3400 a	2551 + 99,1x	95	*	3192 b
90	3582 + 121,5x	98	*	3565 a	3269 + 115,3x	98	*	3387 a	2967 + 112,5x	96	*	3519 a
120	3157 + 120,9x	96	*	3511 a	3377 + 124,2x	96	*	3495 a	3464 + 116,6x	98	*	3443 a
Geral	2933 + 106,6x	96	*	3297 A	2831 + 104,3x	97	*	3210 A	2783 + 100,9x	98	*	3121 A
2017 (AD)												
0	1524 + 53,2x	92	*	1383 c	1446 + 53,4x	95	*	1426 c	1669 + 56,1x	95	*	1344 b
30	1980 + 65,3x	93	*	1677 b	2025 + 74,6x	93	*	1871 b	1636 + 58,8x	91	*	1408 b
60	2273 + 78,5x	94	*	1967 a	2085 + 79,8x	92	*	2075 a	1899 + 70,2x	94	*	1693 a
90	2455 + 84,9x	94	*	1963 a	2350 + 82,0x	91	*	2032 a	2159 + 74,5x	93	*	1704 a
120	2913 + 90,6x	94	*	1897 a	2901 + 91,9x	94	*	2028 a	2337 + 83,1x	93	*	1664 a
Geral	2229 + 74,5x	90	*	1777 A	2161 + 76,3x	91	*	1887 A	1940 + 68,5x	92	*	1563 B
2018 (AF)												
0	1640 + 82,6x	92	*	2243 c	2217 + 82,9x	97	*	2547 b	1925 + 79,8x	99	*	2456 c
30	2113 + 99,8x	95	*	2823 b	2076 + 97,2x	97	*	2718 b	2044 + 92,3x	98	*	2703 b
60	3513 + 116,6x	99	*	3303 a	3116 + 122,6x	99	*	3537 a	3047 + 93,0x	96	*	3315 a
90	3765 + 129,1x	99	*	3345 a	3838 + 137,1x	98	*	3580 a	2988 + 117,2x	99	*	3369 a
120	3463 + 128,6x	99	*	3352 a	3743 + 136,9x	99	*	3701 a	2922 + 121,9x	97	*	3256 a
Geral	2899 + 111,3x	98	*	3013 A	2998 + 115,3x	94	*	3217 A	2810 + 106,5x	97	*	3020 A

AA=ano aceitável; AF=ano favorável; AD=ano desfavorável; N=doses de nitrogênio (kg ha⁻¹); V₃=condição cheia (100%) da dose de nitrogênio na terceira folha expandida; V₃/V₆=condição fracionada (70%/30%) da dose de nitrogênio na terceira e sexta folha expandida; V₃/R₁= condição fracionada (70%/30%) da dose de nitrogênio na terceira e diferenciação da espiga; \bar{X}_{gr} =média da produtividade de grãos (Kg ha⁻¹); PB= produtividade de biomassa (kg ha⁻¹); R²=coeficiente de determinação; P(b)= probabilidade do parâmetro de inclinação da reta; * = significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste t; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo modelo de Scott & Knott a 5% da probabilidade de erro.

O aumento da taxa de biomassa não foi acompanhada com o aumento da produtividade de grãos pelas doses de nitrogênio, independente da condição de fornecimento. Portanto, na Tabela 1, em ano desfavorável (2014 e 2017), se evidencia maior produtividade com 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio, não diferindo dos pontos de 90 e 120 kg ha⁻¹, independente do fornecimento. Na condição favorável de 2013 há uma tendência de incremento da produtividade com o aumento da dose de nitrogênio, porém, no ano favorável de 2016, elevada produtividade é obtida com a dose de 60 kg ha⁻¹, similar as doses mais elevadas, independente da forma de fornecimento. Embora sejam anos favoráveis, a complexidade da dinâmica do nutriente mostra comportamentos distintos de aproveitamento. Destaca-se o ano



de 2016, que as condições adequadas de precipitação e principalmente as temperaturas mais amenas e estáveis ao longo do ciclo elevaram a eficiência de uso do nutriente. Na análise do ano aceitável de cultivo, resultados similares também foram observados, com a produtividade de biomassa evidenciando aumento de expressão com a dose do nutriente e a produtividade de grãos máxima a partir dos pontos de 60 ou 90 kg ha⁻¹, independente da forma de fornecimento. De modo geral, independente da dose do nutriente as taxas de biomassa se mostraram similares na condição de fornecimento em dose cheia e no fracionamento em V₃/V₆ e com redução da produtividade de biomassa em fracionamento V₃/R₁. Destaca-se que esta mesma tendência foi observada na análise das médias da produtividade de grãos.

Na Tabela 2, do sistema soja/trigo, independente da condição de ano agrícola, a máxima eficiência técnica de uso do nitrogênio em dose cheia e fracionada foi próxima de 120 kg ha⁻¹, com produtividade de grãos ao redor de 3090 kg ha⁻¹. O modelo da máxima eficiência econômica permitiu reduzir a dose do nitrogênio ao redor de 90 kg ha⁻¹, uma redução de 30 kg ha⁻¹ de nitrogênio, com similaridade de produtividade de grãos. Além disso, o uso da dose de 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio para a expectativa de 3 t ha⁻¹ (indicação técnica do trigo), mostrou uma redução de mais de 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio comparada a dose de eficiência técnica. Embora a dose fornecida de 60 kg ha⁻¹ de nitrogênio tenha diminuído a produtividade, evidenciou uma pequena redução em não mais de 300 kg ha⁻¹. Na condição fracionada de nitrogênio em V₃/R₁, de modo geral, o comportamento linear sobre a produtividade de grãos é observado, embora, em alguns anos o comportamento seja quadrático. Se evidencia maior eficiência de uso do nitrogênio em dose cheia no estágio V₃, considerando elementos como a fertilidade do solo, manejo e condições meteorológicas na busca de produtividades satisfatórias e menor uso de nitrogênio, uma condição que promove redução de custos e menor poluição ao ambiente.

Tabela 2. Máxima eficiência técnica, econômica e de expectativa de 3 t ha⁻¹ nas condições de uso do nitrogênio e estimativa de produtividade de grãos no sistema soja/trigo.



Ano	Modelo PG = b ₀ + b ₁ x + b ₂ x ²	P (b ₂ x ²)	R ² (%)	N (kg ha ⁻¹)			PG (kg ha ⁻¹)		
				MET	MEE	3 t ha ⁻¹	MET	MEE	3 t ha ⁻¹
Dose cheia (V ₃)									
2012 (AA)	1773 + 9,5x	*	90	-	-	-	-	-	2343
2013 (AF)	2188 + 23,9x	*	95	-	-	-	-	-	3622
2014 (AD)	1140 + 14,2x - 0,08x ²	*	70	88	57	1770	1689	1704	
2015 (AA)	1548 + 27,5x - 0,12x ²	*	94	114	93	3123	3067	2766	60
2016 (AF)	2600 + 24,5x - 0,14x ²	*	76	87	69	3671	3623	3566	
2017 (AD)	1369 + 14,1x - 0,08x ²	*	79	88	56	1990	1907	1927	
2018 (AF)	2239 + 24,2x - 0,13x ²	*	95	93	73	3365	3320	3223	
Geral	1809 + 21,5x - 0,09x²	*	99	119	91	3093 Aa	3020 Aa	2775 Ba	
Dose fracionada (V ₃ /V ₆)									
2012 (AA)	1583 + 20,6x - 0,09x ²	*	89	114	86	2762	2689	2495	
2013 (AF)	2101 + 22,9x	*	95	-	-	-	-	3475	
2014 (AD)	937 + 19,3x - 0,12x ²	*	87	80	59	1713	1658	1663	
2015 (AA)	1618 + 13,8x	*	92	-	-	-	-	2446	60
2016 (AF)	2636 + 18,1x - 0,09x ²	*	86	100	72	3546	3473	3398	
2017 (AD)	1445 + 15,5x - 0,09x ²	*	80	86	58	2112	2041	2051	
2018 (AF)	2582 + 10,6x	*	80	-	-	-	-	3218	
Geral	1777 + 21,7x - 0,09x²	*	99	120	93	3085 Aa	3017 Aa	2755 Ba	
Dose fracionada (V ₃ /R ₁)									
2012 (AA)	1691 + 10,7x	*	88	-	-	-	-	2333	
2013 (AF)	1970 + 21,2x	*	93	-	-	-	-	3242	
2014 (AD)	995 + 13,1x - 0,06x ²	*	80	109	67	1710	1603	1565	
2015 (AA)	1579 + 13,4x	*	93	-	-	-	-	2383	60
2016 (AF)	2463 + 18,9x - 0,09x ²	*	85	105	77	3455	3384	3273	
2017 (AD)	1306 + 7,7x - 0,04x ²	*	50	96	33	1676	1516	1624	
2018 (AF)	2383 + 19,7x - 0,10x ²	*	81	98	73	3353	3288	3205	
Geral	1845 + 9,9x	*	92	-	-	-	-	2439 b	

AA=ano aceitável; AF=ano favorável; AD=ano desfavorável; V₃=condição cheia (100%) da dose de nitrogênio na terceira folha expandida; V₃/V₆=condição fracionada (70%/30%) da dose de nitrogênio na terceira e sexta folha expandida; V₃/R₁=condição fracionada (70%/30%) da dose de nitrogênio na terceira e diferenciação da espiga; N=doses de nitrogênio; PG=produtividade de grãos (kg ha⁻¹); R²=coeficiente de determinação; P(b₂x²)=probabilidade do parâmetro de inclinação da reta; *=Significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste t; MET=máxima eficiência técnica; MEE=máxima eficiência econômica; Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna e maiúsculas na linha, constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo modelo de Scott & Knott a 5% da probabilidade de erro.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Modelos que dimensionam a dose nitrogênio pela eficiência econômica e de expectativa de 3 t ha⁻¹ em trigo se mostram indicados para otimização da produtividade de grãos e redução de perdas ao ambiente. É obtido maior aproveitamento do nitrogênio na elaboração de grãos quando aplicado em dose cheia no estágio fenológico V₃. Os resultados viabilizam um manejo mais eficiente e sustentável de uso do nitrogênio, garantindo produtividade satisfatória com redução de impactos ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CRUZ, Cosme Damião. Programa GENES: Estatística experimental e matrizes. Viçosa: Ed. UFV, 2006.
- FAO. World cereal production forecast raised slightly from July but still down sharply from last year; stocks lowered further. 2018. Available at: <Available at: <http://www.fao.org/worldfoodsituation/csdb/en>>. Acesso em julho de 2019.
- MAMANN, A. T. W. et al. The combination of hydrogel and nitrogen in wheat grain productivity; **International Journal of Development Research** Vol. 07, Issue, 06, pp.13088-13094, June, 2017.
- PRANDO, A. M.; ZUCARELI, C.; FRONZA, V.; OLIVEIRA, F. A.; JÚNIOR, A. O. Características produtivas do trigo em função de fontes e doses de nitrogênio. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.43, p.34-41, 2013.