



A TECNOLOGIA DA UREIA DISSOLVIDA EM ÁGUA COMO O RECURSO POTENCIAL DE NUTRIÇÃO FOLIAR NA CULTURA DA AVEIA¹

Lisa Brönstrup Heusner², Natália Guiotto Zardin³, Júlia Sarturi Jung⁴, Larissa Bortolini Pomarenke⁵, Cibele Luisa Peter⁶, José Antônio Gonzalez da Silva⁷

¹ Projeto de pesquisa desenvolvido na UNIJUÍ;

² Estudante do curso de Agronomia da UNIJUÍ, Bolsista PIBITI/CNPq;

³ Estudante do curso de Agronomia da UNIJUÍ, Bolsista PIBITI/CNPq;

⁴ Estudante do curso de Agronomia da UNIJUÍ, Bolsista PIBIC/CNPq;

⁵ Estudante do curso de Agronomia da UNIJUÍ, Bolsista PROFAP;

⁶ Doutoranda em Modelagem Matemática e Computacional, PPGMMC, UNIJUÍ;

⁷ Professor do curso de Agronomia, PPGSAS, PPGMMC, UNIJUÍ.

INTRODUÇÃO

A aveia branca (*Avena sativa* L.) é um cereal de estação fria, reconhecida pela sua qualidade nutricional, podendo ser utilizada na alimentação humana e animal (PUNIA et al., 2020). Associado à produtividade e qualidade da aveia, o nitrogênio é o elemento essencial mais absorvido pelas plantas, sendo a uréia o fertilizante mais utilizado (MAROLLI et al., 2021). No solo o nitrogênio nem sempre atende as exigências da aveia, levando à necessidade de emprego de adubos nitrogenados sintéticos (ARENHARDT et al., 2015). Além disso, é um nutriente facilmente perdido por volatilização e lixiviação, acarretando redução da produtividade, aumento dos custos e contaminação de águas, uma preocupação em termos de saúde pública (SPALDING et al., 2019). O nitrogênio, por ser um elemento móvel no tecido vegetal, se mostra potencial recurso de uso em tecnologias de pulverização, o que pode melhorar a eficiência de absorção e redução de perdas (HOUSE & HOUSE, 2017).

A análise da máxima eficiência técnica e econômica pode contribuir para definição de manejos mais assertivos de fornecimento de nitrogênio em aveia através da pulverização para absorção via foliar. Portanto, o objetivo do estudo é o desenvolvimento da tecnologia da ureia dissolvida em água para aplicação foliar em aveia, dimensionando o comportamento de indicadores de produtividade e estimativa da eficiência técnica e econômica em condições reais de cultivo, em sistemas de sucessão soja/aveia e milho/aveia.



METODOLOGIA

O estudo foi desenvolvido nos anos agrícolas de 2021 e 2022, em Augusto Pestana, RS, Brasil. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, em esquema fatorial 2x7, para duas formas de fornecimento de nitrogênio (ureia sólida e dissolvida) e sete doses de nitrogênio (0, 20, 40, 60, 80, 100 e 120 kg ha⁻¹). A semeadura foi realizada com semeadora-adubadora utilizando a cultivar de aveia Brisasul, na densidade de 400 sementes viáveis m² para composição das unidades experimentais de 5m². A ureia utilizada no estudo apresentava 45 % de nitrogênio e a aplicação dos tratamentos ocorreu no estágio fenológico V₃ /V₄, terceira e quarta folha expandida, respectivamente. Na aplicação da ureia dissolvida utilizou-se um volume de água equivalente a 300 L ha⁻¹. Nas aplicações foi utilizado um pulverizador costal a pressão de 25 psi e vazão de 1,05 L min⁻¹ com bico do tipo cone. A produtividade de grãos (PG) foi obtida através do corte das três linhas centrais de cada parcela na maturidade de colheita, com umidade de grãos ao redor de 22%. Os grãos foram direcionados ao laboratório para correção da umidade para 13% e, posteriormente, pesados para a obtenção da produtividade em kg ha⁻¹. A produtividade de biomassa (PB) foi obtida pelo corte das três linhas centrais de cada parcela rente ao solo no estágio de maturidade fisiológica. As amostras de biomassa foram direcionadas à estufa de ar forçado à temperatura de 65°C, até atingir peso constante e convertida para kg ha⁻¹. A produtividade de palha (PP) foi obtida pela diferença da produtividade de grãos com a produtividade de biomassa e o índice de colheita (IC) da relação da produtividade de grãos com a produtividade de biomassa.

Os dados foram submetidos à análise de variância e de regressão. Após, estimativa da máxima eficiência técnica $(-b/2b_2)$ e econômica $([(t/w) - b_1]/2b_2)$ da aveia pelo uso de nitrogênio para os sistemas de cultivo avaliados. Para as simulações da máxima eficiência econômica foi utilizado: o preço do insumo de R\$5,56 para cada quilo de nitrogênio fornecido e o preço do produto de R\$1,45 a cada quilo da aveia para venda.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 1 do resumo da análise de variância, diferenças foram obtidas apenas para as doses do fertilizante. A ausência de significância da interação fontes e doses de nitrogênio

indica que é possível definição de apenas uma dose ótima para recomendação, independente da fonte de uso e sistema de sucessão.

Tabela 1. Resumo da análise de variância dos indicadores da produtividade de grãos de aveia pelas fontes e doses de nitrogênio por ano em sistema soja/aveia e milho/aveia.

Fonte de Variação	GL	soja/aveia		milho/aveia	
		QM 2021	QM 2022	QM 2021	QM 2022
Bloco	3	37503	119382	25210	13044
Fonte (F)	1	5540	1370	153092	1273
Dose (D)	6	99750*	462165*	703855*	440183*
F X D	6	3963	4334	16745	8910
Erro	39	39707	18635	37436	25540
Total	55	-	-	-	-
Média		1729	1493	1500	1323
CV (%)		11,52	9,14	12,89	12,07

GL= grau de liberdade; QM= Quadrado médio; CV= coeficiente de variação; * = significativo a 5% de probabilidade de erro pelo teste F.

Na tabela 2, da regressão quadrática para estimativa da máxima eficiência técnica e econômica pelas doses de nitrogênio à simulação de produtividade de grãos, independente de ano e sistemas de cultivo, o comportamento quadrático foi confirmado com parâmetro angular significativo. No sistema soja/aveia no ano de 2021, a máxima eficiência técnica encontrada foi de 88 kg ha⁻¹ para uma produtividade de grãos de 1660 kg ha⁻¹. Na estimativa da eficiência econômica foi observado ponto ótimo pelo fornecimento de 64 kg ha⁻¹ de nitrogênio, com expectativa de produtividade de 1616 kg ha⁻¹. Estes resultados são altamente relevantes, mostrando uma redução de 24 kg ha⁻¹ de nitrogênio com resultados similares de produtividade de grãos. Os valores apresentados para o ano de 2022 de 72 para 40 kg ha⁻¹ de nitrogênio pela eficiência técnica e econômica, respectivamente, comprovam a redução significativa com similaridade de produtividade.

Tabela 2. Médias e regressão para máxima eficiência técnica e econômica do nitrogênio com simulação da produtividade de grãos em sistema soja/aveia.

Ano	Dose N (kg ha ⁻¹)	Média (kg ha ⁻¹)	Equação PG=b ₀ +b ₁ x+b ₂ x ²	R ²	Nitrogênio (kg ha ⁻¹)		PGE (kg ha ⁻¹)	
					MET	MEE	MET	MEE
soja/aveia								
2021	0	1047	1048+14,00x-0,08*x ²	99	88	64	1660	1616
	20	1304						
	40	1473						
	60	1622						
	80	1697						
	100	1670						
	120	1642						
2022	0	1540	1523+8,67x-0,06*x ²	96	72	40	1836	1774
	20	1657						
	40	1763						
	60	1806						
	80	1874						
	100	1789						
	120	1680						

Dose N= dose de nitrogênio; R²= coeficiente de determinação; * = significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste t; MET= máxima eficiência técnica; MEE= máxima eficiência econômica; PGE= valor estimado pela dose dada pela máxima eficiência técnica e econômica.

Na tabela 3 no sistema milho/aveia foram verificados valores mais elevados de uso de nitrogênio principalmente no ano de 2021, fato explicado pelo milho não evidenciar características de fixação biológica de nitrogênio, sendo requerido maiores doses do adubo sintético. Nesse sistema, em 2021, a máxima eficiência técnica foi de 93 kg ha⁻¹ para uma produtividade de grãos de 1568 kg ha⁻¹. Na estimativa da eficiência econômica foi observado melhor ajuste com 69 kg ha⁻¹ de nitrogênio, para uma expectativa de produtividade de 1524 kg ha⁻¹, uma redução de 24 kg ha⁻¹ de nitrogênio com resultados similares de produtividade de grãos. Em 2022, foi observada uma redução no uso do fertilizante de 72 para 40 kg ha⁻¹ da eficiência técnica para a econômica, respectivamente, redução significativa de 32 kg ha⁻¹ com similaridade de produtividade.

Tabela 3. Médias e regressão para máxima eficiência técnica e econômica do nitrogênio com simulação da produtividade de grãos em sistema milho/aveia.

Ano	Dose N (kg ha ⁻¹)	Média (kg ha ⁻¹)	Equação PG=b ₀ +b ₁ x+b ₂ x ²	R ²	Nitrogênio (kg ha ⁻¹)		PGE (kg ha ⁻¹)	
					MET	MEE	MET	MEE
milho/aveia								
2021	0	897	883+14,81x-0,08*x ²	97	93	69	1568	1524
	20	1142						
	40	1326						
	60	1412						
	80	1561						
	100	1542						
	120	1385						

	0	1540						
	20	1657						
	40	1763						
2022	60	1806	$1523+8,67x-0,06x^2$	96	72	40	1836	1774
	80	1874						
	100	1789						
	120	1680						

Dose N= dose de nitrogênio; R²= coeficiente de determinação; * = significativo a 5% de probabilidade de erro, pelo teste t; MET= máxima eficiência técnica; MEE= máxima eficiência econômica; PGE= valor estimado pela dose dada pela máxima eficiência técnica e econômica.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produtividade de grãos evidencia comportamento quadrático, mostrando tendência à estabilidade pelo incremento das doses de nitrogênio em sistema soja/aveia e milho/aveia. O fornecimento de nitrogênio pela ureia dissolvida em água via absorção foliar mostra resultados similares a ureia sólida de absorção radicular aplicado no estágio fenológico indicado à cultura da aveia. Os resultados de máxima eficiência econômica evidenciam redução significativa de uso de nitrogênio em comparação a eficiência técnica, com similaridade de expressão dos indicadores de produtividade da aveia.

Palavras-chave: *Avena sativa* L. Inovação. Eficiência. Modelagem matemática. Produção Sustentável.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARENHARDT, Emílio Ghisleni *et al.* O suprimento de nitrogênio no cultivo do trigo depende das condições climáticas e do sistema de sucessão no sul do Brasil. **African Journal of Agricultural Research**, v.10, n.48, p.4322-4330, 2015.
- HOUSE, K. A.; HOUSE, J. E. Thermodynamics of dissolution of urea in water, alcohols, and their mixtures. **Journal of Molecular Liquids**, v. 242, p. 428-432, 2017.
- MAROLLI, Anderson *et al.* A combination of regression and internal point methods as a hybrid model for estimating oat plant productivity. **Genetics and Molecular Research**, v.20, n. 2, p. 1-16, 2021.
- PUNIA, Sneha *et al.* Oat starch: Physico-chemical, morphological, rheological characteristics and its applications-A review. **International journal of biological macromolecules**, v. 154, p. 493-498, 2020.
- SPALDING, R. F. et al. Applicability of the dual isotopes $\delta^{15}\text{N}$ and $\delta^{18}\text{O}$ to identify nitrate in groundwater beneath irrigated cropland. **Journal of contaminant hydrology**, v. 220, p. 128- 135, 2019.