

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica

ODS: 2 - Fome zero e agricultura sustentável

A PRODUTIVIDADE DA AVEIA POR COMPONENTES DA PANÍCULA E REGULADOR DE CRESCIMENTO¹

OAT PRODUCTIVITY BY PANICULA COMPONENTS AND GROWTH REGULATOR

Leonardo Norbert², Cristhian Milbradt Babeski³, Felipe Uhde Porazzi⁴, Julio Daronco Berlezi⁵, Ester Mafalda Matter⁶, José Antonio Gonzalez da Silva⁷

¹ Pesquisa institucional desenvolvida no Departamento de Estudos Agrários-DEAg/UNIJUÍ

² Estudante de Agronomia/bolsista PROBIC/FAPERGS, DEAg/UNIJUÍ, norbert.leonardo6@gmail.com

³ Estudante de Agronomia/bolsista MCTIC/CNPq, DEAg/UNIJUÍ, cristhiancmb@hotmail.com

⁴ Estudante de Agronomia/bolsista PIBITI/CNPq, DEAg/UNIJUÍ, felipe.uhde@hotmail.com

⁵ Estudante de Agronomia/bolsista PIBITI/CNPq, DEAg/UNIJUÍ, julio.berlezi28@hotmail.com

⁶ Estudante de Agronomia/bolsista PIBIC/CNPq, DEAg/UNIJUÍ, estermafaldamatter@gmail.com

⁷ Professor orientador, DEAg/UNIJUÍ, jagsfaem@yahoo.com.br

INTRODUÇÃO

O nitrogênio exerce forte influência sobre o comprimento, número e a massa de grãos da panícula de aveia, com reflexos diretos na produtividade de grãos (Mantai et al., 2016). O incremento de nitrogênio junto a condições climáticas favoráveis, embora favoreça significativamente a produtividade de grãos, aumentam o crescimento vegetativo da planta, facilitando a ocorrência do acamamento (Silva et al., 2015). O acamamento está diretamente relacionado à estatura da planta e à resistência do colmo, evento que pode limitar a colheita e a produtividade de grãos de aveia (Hawerth et al., 2015). O uso de reguladores de crescimento na redução do acamamento vem sendo prática já utilizada em trigo (Chavarria et al., 2015) e arroz (Alvarez et al., 2014). Dalchiavon et al. (2012) utilizando modelo de regressão linear múltipla estimaram a produtividade de grãos de arroz, incorporando ao modelo o número de panículas m^{-2} , número de espiguetas panícula⁻¹ e massa de mil grãos. As relações entre os componentes da panícula da aveia e a produtividade de grãos podem favorecer a construção de modelos de simulação da produtividade no planejamento mais eficiente de manejo do nitrogênio com o uso do regulador. O objetivo do estudo é a definição da dose ideal do regulador de crescimento para no máximo 5% de acamamento de plantas de aveia. Identificar variáveis potenciais ligadas a panícula da aveia pelo uso do regulador para compor o modelo de regressão linear múltipla e a simulação da produtividade de grãos, em condições de reduzida, alta e muito alta fertilização com nitrogênio.

Palavras-chave: Avena sativa, nitrogênio, trinexapac-ethyl, regressão linear múltipla

Keywords: Avena sativa, nitrogen, trinexapac-ethyl, multiple linear regression

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido a campo nos anos agrícolas de 2017, 2018 e 2019, no município de Augusto Pestana, RS. As parcelas foram constituídas de 5 linhas, com 5 m de comprimento e espaçadas 0,20 m, totalizando uma unidade experimental de 5 m². A semeadura foi realizada com semeadora-adubadora sobre a cobertura vegetal de reduzida relação C/N (sistema soja/aveia). O regulador de crescimento foi aplicado no estádio entre o 1º e 2º nó visível do colmo da aveia. O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, seguindo um esquema fatorial 4x3 nas fontes de variação doses de regulador de crescimento (0, 200, 400 e 600 mL ha⁻¹) e doses de N-fertilizante (30, 90 e 150 kg ha⁻¹), respectivamente, totalizando 48 unidades experimentais. O acamamento foi estimado visualmente e expresso em percentagem, no estádio

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica

ODS: 2 - Fome zero e agricultura sustentável

próximo a colheita de grãos, seguindo a metodologia proposta por Moes & Stobbe (1991). As plantas foram trilhadas com colheitadeira estacionária e direcionadas ao laboratório para correção da umidade de grãos para 13%, após pesagem e estimativa da produtividade de grãos por hectare (PG, kg ha⁻¹). Na análise da inflorescência da aveia do tipo panícula, realizou-se a coleta aleatória de 20 panículas por unidade experimental. Posterior, foi realizada a trilha para determinação dos seguintes componentes: comprimento da panícula (cm), número de espiguetas da panícula (n), número de grãos da panícula (n), massa da panícula (g), massa de grãos da panícula (g) e índice de colheita da panícula (g g⁻¹) pela relação massa de grãos da panícula com a massa de panícula.

Ao atender os pressupostos de homogeneidade e normalidade via testes de Bartlett foi realizada análise de variância para detecção dos efeitos principais e de interação. Com o ajuste da equação de grau dois (PG=b₀±b₁ x±b₂ x²) para a produtividade de grãos (PG), foi obtida a dose de regulador de crescimento (x) pela equação (x=-b₁/2b₂). Foi realizado ajuste da equação de regressão linear que descreve o comportamento da expressão do percentual de acamamento de plantas de aveia pelo incremento das doses de regulador de crescimento. Nesta equação foi considerado a possibilidade de acamamento de plantas de no máximo 5%, valor adicionado ao parâmetro “Y” da equação, obtida por x=[(Y-b₀)/(±b₁)]. Procedeu-se a escolha das variáveis potenciais para o modelo de regressão linear múltipla via técnica Stepwise.

As variáveis selecionadas via Stepwise foram utilizadas para composição da equação de regressão linear múltipla na simulação da produtividade de grãos de aveia. Tal equação é composta por duas ou mais variáveis na geração de uma equação do tipo:

$$y=b_0\pm b_1 x\pm b_2 x_2\pm b_3 x_3\pm\dots\pm b_n x_n$$

descrita na forma matricial como:

$$Y = \begin{bmatrix} Y_1 \\ Y_2 \\ M \\ Y_n \end{bmatrix}; X = \begin{bmatrix} 1 & X_{11} & X_{12} & \dots & X_{p1} \\ 1 & X_{21} & X_{22} & \dots & X_{p2} \\ M & M & M & \dots & M \\ 1 & X_{1n} & X_{2n} & \dots & X_{pn} \end{bmatrix}; \beta = \begin{bmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ M \\ \beta_n \end{bmatrix}; \epsilon = \begin{bmatrix} \epsilon_1 \\ \epsilon_2 \\ M \\ \epsilon_n \end{bmatrix}$$

A partir dessas matrizes, é obtido o valor dos coeficientes de regressão, sendo,

$$\hat{\beta} = (X'X)^{-1}X'Y$$

e a variância destes coeficientes são obtidas pela matriz de covariância do vetor dos coeficientes de regressão:

$$C\hat{\sigma}v(\beta) = (X'X)^{-1}\hat{\sigma}^2$$

$$\hat{\sigma}^2 = \frac{(Y - X\hat{\beta})(Y - X\hat{\beta})}{n - p - 1}$$

sendo n o número de equações e p o número de parâmetros. O teste de hipótese verificou

$$H_0: \beta_i = 0 \text{ vs } H_a: \beta_i \neq 0, \text{ expresso por:}$$

$$t = \frac{\beta_i - \beta_i}{\sqrt{\hat{V}(\hat{\beta}_i)}}$$

Os valores da dose ideal de regulador de crescimento foram empregados no modelo de regressão linear múltipla junto aos valores médios dos componentes da panícula de aveia validados pela técnica de Stepwise. Para realização das análises foi utilizado o programa computacional Genes.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

De acordo com Storck et al. (2014), as condições de ambiente pelo local e ano de cultivo alteram decisivamente a produtividade de grãos, sendo o ano agrícola o fator que mais contribui na variação

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica

ODS: 2 - Fome zero e agricultura sustentável

da produtividade. Em trigo e aveia, as condições do ano de cultivo é predominantemente definida pela distribuição e volume de precipitação pluviométrica (Arenhardt et al., 2015). Destaca-se, que o excesso de chuvas na fase de enchimento de grãos contribui para o acamamento de plantas e redução na qualidade, refletindo em perdas na produtividade (Prando et al., 2013). Como relatado, é grande a variação da produtividade de grãos pelo ano de cultivo, principalmente pela distribuição e volume de precipitação (Arenhardt et al., 2015). A variação entre os anos modifica a eficiência de uso do nitrogênio na elaboração dos componentes de produção e o acamamento (Mantai et al., 2015). Portanto, a simulação da produtividade de grãos por ano agrícola não contempla o desenvolvimento de modelos eficientes de expectativa e previsão. Fato que justifica a análise de efeito cumulativo da variabilidade entre ano favorável, intermediário e desfavorável de cultivo nos modelos de regressão polinomial na estimativa da dose ideal de regulador e de regressão linear múltipla na simulação da produtividade de grãos pelos componentes da panícula de aveia.

Na Tabela 1, na estimativa da dose ideal de regulador de crescimento à produtividade de grãos, as equações de grau dois foram significativas, independente da dose de N-fertilizante, ajustadas em 255, 300 e 320 mL ha⁻¹ nas condições de reduzida, alta e muito alta fertilização, respectivamente. Destaca-se que estas doses não garantem simultaneamente produtividade de grãos com reduzido acamamento, necessitando ajuste da dose ideal pelo acamamento de plantas. A estimativa da dose ideal do regulador pelo acamamento indicou equações de regressão de comportamento linear, independente das doses de N-fertilizante (Tabela 1). Na estimativa da dose ideal do regulador foi levado em consideração o acamamento de plantas de no máximo 5%, valor adicionado ao parâmetro “y” de cada equação. Foram obtidas doses ajustadas em 395, 450 e 560 mL ha⁻¹, em reduzida, alta e muito alta fertilização por nitrogênio, respectivamente, mantendo produtividades similares ao uso da dose ótima pela produtividade de grãos.

Tabela 1 - Estimativa e simulação da dose ideal de regulador de crescimento na restrição do acamamento de plantas e produtividade de grãos.

N-fertilizante (Kg ha ⁻¹)	Equação $Y = b_0 \pm b_1x \pm b_2x^2$	P (b _{1x})	R ²	Dose ideal (mL ha ⁻¹)	Y _E
Acamamento/AC (%) (2017+2018+2019)					
30	$24 - 0.05x$	*	0,87	395	(5)
90	$59 - 0.12x$	*	0,82	450	(5)
150	$75 - 0.16x$	*	0,88	560	(5)
N-fertilizante (Kg ha ⁻¹)	Equação $PG = b_0 \pm b_1x \pm b_2x^2$	P(b _{1x})	R ²	Dose ideal (mL ha ⁻¹)	PG _E (kg ha ⁻¹)
30	$3457 + 1.86x - 3.0 \cdot 10^{-3}x^2$	*	0,87	395	3725
90	$3725 + 1.58x - 2.9 \cdot 10^{-3}x^2$	*	0,88	450	3848
150	$3773 + 1.51x - 2.4 \cdot 10^{-3}x^2$	*	0,92	560	3878

P(b_{1x})= parâmetro que mede a significância de inclinação da reta; R²= coeficiente de determinação; * = Significativo a 5% de probabilidade de erro, respectivamente; (5) = consideração da possibilidade de acamamento de plantas de no máximo 5%; Y_E = valor estimado; PG_E = produtividade de grãos estimada.

Na Tabela 2, a identificação de variáveis potenciais via Stepwise para composição do modelo de regressão linear múltipla indicaram as variáveis massa de grãos da panícula e índice de colheita da panícula significativamente eficientes, independente da dose de N-fertilizante. Os valores médios observados nestas variáveis indicaram redução de expressão pelo incremento da dose de regulador. Na análise envolvendo também as doses do regulador de crescimento (0-600 mL ha⁻¹) foi confirmado a possibilidade de uso da massa de grãos da panícula e do índice de colheita da panícula em simulações por regressão linear múltipla (Tabela 1). Portanto, os valores médios das variáveis potenciais (Tabela 2) junto a dose ideal de regulador de crescimento na redução do acamamento (Tabela 1) foram usadas para simulação da produtividade de grãos (Tabela 3). A identificação de componentes que influenciam na produtividade de grãos é decisivo na elaboração de modelos de

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica

ODS: 2 - Fome zero e agricultura sustentável

simulação (Leal et al., 2015). O uso da técnica Stepwise pode qualificar a seleção de variáveis potenciais na simulação por regressão linear múltipla (Balbinot et al., 2005).

Tabela 2 - Identificação de variáveis potenciais via Stepwise e respectivas médias para composição do modelo de regressão linear múltipla.

N (kg ha ⁻¹)	Fonte de Variação	Modelo Stepwise (2017+2018+2019)/Dose Regulador (mL ha ⁻¹)				
		0	200	400	600	(0-600)
30	Regressão	*	*	*	*	*
	MGP (g)	A 2,70*	B 2,50*	C 2,30*	D 2,06*	2,39*
	ICP (g g ⁻¹)	A 0,84*	A 0,83*	A 0,83*	B 0,78*	0,82*
	Dose ideal (mL ha ⁻¹)	**	**	**	**	395*
90	Regressão	*	*	*	*	*
	MGP (g)	A 2,90*	B 2,62*	C 2,43*	D 2,00*	2,5*
	ICP (g g ⁻¹)	A 0,88*	A 0,86*	A 0,82*	B 0,80*	0,84*
	Dose ideal (mL ha ⁻¹)	**	**	**	**	450*
150	Regressão	*	*	*	*	*
	MGP (g)	A 2,36*	A 2,30*	B 2,26*	C 2,00*	2,23*
	ICP (g g ⁻¹)	A 0,89*	A 0,87*	B 0,86*	B 0,84*	0,86*
	Dose ideal (mL ha ⁻¹)	**	**	**	**	560*

MGP: massa de grãos da panícula; ICP = índice de colheita da panícula; Dose ideal = dose de regulador de crescimento para estimativa de acamamento inferior a 5% (mL ha⁻¹); * = significativo a 5% de probabilidade de erro pela probabilidade de F; ** = não significativo; Médias seguidas de mesma letra na linha não diferem significativamente entre si em nível de 5% de probabilidade de erro pelo teste de Scott & Knott.

Na Tabela 3, a simulação da produtividade de grãos indicou similaridade entre os valores estimados (E) e observados (O), estando entre os limites do intervalo de confiança (IC) estabelecido. No modelo múltiplo incluindo componentes potenciais da panícula e dose ideal de regulador, os resultados foram satisfatórios na estimativa da produtividade de grãos, com elevada proximidade de expressão dos valores simulados e observados.

Tabela 3 – Regressão linear múltipla para estimativa da produtividade de grãos de aveia pelos componentes da panícula e doses de regulador de crescimento

N (kg ha ⁻¹)	Dose Redutor (mL ha ⁻¹)	Equação PG = f ₁ (N ₁ , X ₂₁ , ...) (2017+2018+2019)	PG (kg ha ⁻¹)		IC (kg ha ⁻¹)	
			E	O	LI	LS
30	0	PG = 3831 + 2588 _{ICP} - 906 _{MGP}	3531	3531	3189	3829
	200	PG = 5812 - 5015 _{ICP} + 732 _{MGP}	3479	3499	3184	3773
	400	PG = 16585 - 13767 _{ICP} - 818 _{MGP}	3275	3303	3101	3680
	600	PG = 5428 + 2207 _{ICP} - 1928 _{MGP}	3178	3181	2715	3588
	Dose ideal	PG = 5744 - 0,8 _{DK} - 1670 _{ICP} - 272,8 _{MGP}	3398	3246	2655	3478
90	0	PG = 1949 + 175 _{ICP} - 582 _{MGP}	3792	3792	3569	3987
	200	PG = 6625 - 4257 _{ICP} + 303 _{MGP}	3758	3758	3564	3927
	400	PG = 2458 - 1252 _{ICP} + 954 _{MGP}	3751	3750	3465	3948
	600	PG = 9827 - 5273 _{ICP} - 948 _{MGP}	3710	3629	3321	3898
	Dose ideal	PG = 5475 + 0,2 _{DK} - 3486 _{ICP} + 488,8 _{MGP}	3863	3757	3643	3864
150	0	PG = -8854 + 12335,5 _{ICP} + 746 _{MGP}	3886	3896	3595	4158
	200	PG = -2721 + 8696,1 _{ICP} - 444 _{MGP}	3821	3872	3662	4055
	400	PG = 8871 - 3325,8 _{ICP} - 982 _{MGP}	3789	3833	3547	4182
	600	PG = 2131 + 3715,7 _{ICP} - 741 _{MGP}	3768	3745	3402	4044
	Dose ideal	PG = 2205 - 0,03 _{DK} + 1948 _{ICP} - 9,7 _{MGP}	3839	3862	3734	3980

PG = produtividade de grãos (kg ha⁻¹); MGP: massa de grãos da panícula (g); ICP = índice de colheita da panícula (g g⁻¹); Dose ideal = dose de regulador de crescimento para estimativa de acamamento de plantas de no máximo 5%; PG_E = produtividade de grãos estimada (kg ha⁻¹); PG_O = produtividade de grãos observada (kg ha⁻¹); IC_{LI} = limite inferior do intervalo de confiança; IC_{LS} = limite superior do intervalo de confiança.

A regressão linear múltipla foi utilizada em espécies como trigo (Leilah & Khateeb, 2005), arroz (Godoy et al., 2015) e soja (Mercante et al., 2010) para simulação da produtividade de grãos e identificação de variáveis potenciais de alteração pelo manejo sobre a espécie.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As doses de 395, 450 e 560 mL ha⁻¹ de regulador de crescimento são eficientes, com acamamento de plantas de aveia de no máximo 5%, em reduzida, alta e muito alta fertilização com nitrogênio, respectivamente.

A massa de grãos da panícula e o índice de colheita da panícula são variáveis potenciais para compor o modelo de regressão linear múltipla.

As equações de regressão linear múltipla são eficientes na simulação da produtividade de grãos de aveia nas condições de uso de regulador de crescimento, independente da dose de N-fertilizante.

Evento: XXVIII Seminário de Iniciação Científica
ODS: 2 - Fome zero e agricultura sustentável

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alvarez, R. de C. F.; Crusciol, C. A. C. Nascente, A S. Produtividade de arroz de terras altas em função de reguladores de crescimento. **Revista Ceres**, v. 61, p. 042-049, 2014.
- Arenhardt E. G.; Silva, J. A. G. da; Gewehr, E.; Oliveira, A. C. de; Binelo, M. O.;
- Balbinot, Jr., A. A.; Backes, R. L.; Alves, A. C.; Ogliari, J. B.; Fonseca, J. A.; Contribuição de componentes de rendimento na produtividade de grãos em variedades de polinização aberta de milho. **Revista Brasileira Agrociência**, v.11, p. 161-166, 2005.
- Dalchiavon, F. C.; Carvalho, M. de P. E; Coletti, A. J.; Caione, G.; Silva, A. F., Andreotti, M. Correlação linear entre componentes da produção e produtividade do arroz de terras altas em sistema de plantio direto. *Ciências Agrárias*, v. 33, p. 1629-1642, 2012.
- Godoy, S. G. De; Stone, L. F.; Ferreira, E. P. De B.; Cobucci, T.; Lacerda, M. C. Correlação entre produtividade do arroz no sistema semeadura direta e atributos do solo. **Revista Brasileira de Eng. Agrícola e Ambiental**, v.19, p.119-125, 2015.
- Hawerth, M. C.; Silva, J. A. G. da; Souza, C. A.; Oliveira, A. C. de; Luche. H. de S.; Zimmer, C. M.; Hawerth, F. J.; Schiavo, J.; Sponchiado, J. C. Redução do acamamento em aveia-branca com uso do regulador de crescimento etil-trinexapac. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.50, p.115-125, 2015.
- Leilah, A. A. & Al-Khateeb, S. A. Statistical analysis of wheat yield under drought conditions. *Journal of Arid Environments*, v.61, p.483-496, 2005.
- Mantai, R. D.; Silva, J. A. G. da; Arenhardt, E. G.; Sausen, A. T. Z. R.; Binello, M. O.; Bianchi, V.; Silva, D. R. da; Bandeira, L. M. The dynamics of relation oat panicle with grain yield by nitrogen. **American Journal of Plant Sciences**, v.7, p.17-27, 2016.
- Mantai, R.D.; Silva, J. A. G. da; Sausen, A. T. Z. R.; Costa, J. S. P.; Fernandes, S. B. V. A eficiência na produção de biomassa e grãos de aveia pelo uso do nitrogênio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, p.343-349, 2015.
- Moes, J. & Stobbe, E. H. Barley treated with atephon: I. yield components and net grain yield. *Agronomy Journal*, v.83, p.86-90, 1991.
- Storck L.; Filho, A.C.; Guadagnin, J.P. Análise conjunta de ensaios de cultivares de milho por classes de interação genótipo x ambiente. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, p.163-172, 2014.

Parecer CEUA: 01/2015