Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

A TECNOLOGIA DE USO DO REGULADOR DE CRESCIMENTO PARA AVANÇOS NA PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE AVEIA PARA O BRASIL VOLTADA A ALIMENTAÇÃO HUMANA[1]

Anderson Marolli[2], Rubia Diana Mantai[3], Osmar Bruneslau Scremin[4], Ana Paula Brezolin[5], Ângela Teresinha Woschinski De Mamann[6], José Antonio Gonzales Da Silva[7].

[1] Parte dos resultados de pesquisa desenvolvida pelo DEAg/UNIJUÍ
[2] Doutorando em Modelagem Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ.
[3] Doutoranda em Modelagem Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ.
[4] Doutorando em Modelagem Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ.
[5] Doutorando em Modelagem Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ.
[6] Mestre em Modelagem Matemática pela Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ.
[7] Professor do Departamento de Estudos Agrários, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ.

INTRODUÇÃO

Alternativa às culturas de inverno, a aveia tem forte expressão no sul do Brasil, seja como cobertura e proteção do solo ou na alimentação humana e animal, pelo alto valor nutricional e funcional da planta e dos grãos (Silva et al., 2012; Mantai et al., 2015). Além disso, a procura por alimentos saudáveis e ricos em proteínas e fibras tem aumentado sua demanda no mercado nacional (Hawerroth et al., 2015).

A alta produtividade da aveia está associada ao desempenho das cultivares, tecnologias de manejo, clima e solos favoráveis (Silva et al., 2015). Dentro das tecnologias de manejo, a adubação nitrogenada tem reflexos expressivos no aumento da produtividade (Mantai et al., 2015). No entanto, Flores et al. (2012) e Silva et al. (2015) destacam que o incremento de nitrogênio junto a condições climáticas favoráveis aumenta o crescimento vegetativo da planta, facilitando a ocorrência do acamamento.

O acamamento é um fenômeno complexo no qual a planta perde sua posição vertical, inclina-se e cai sobre o solo, afetando a produtividade e a qualidade dos grãos (Silva et al., 2012). Para minimizar sua ocorrência, têm-se avaliado o uso de reguladores de crescimento como o Trinexapac-Ethyl, que atua reduzindo a elongação celular e obstruindo a biossíntese do ácido giberélico (Kaspary et al., 2015). Os reguladores estão sendo empregados para tornar as plantas mais adaptadas e eficientes ao uso dos recursos naturais e de insumos, garantindo elevada produtividade (Hawerroth et al., 2015).

A produtividade de biomassa está relacionada aos processos de fotossíntese e respiração durante a fase vegetativa e reprodutiva da aveia (Demétrio et al., 2012). A razão entre produtividade de grãos e produtividade de biomassa permite a determinação do índice de colheita, parâmetro importante

para definir a eficiência com que a planta converte seus fotoassimilados em palha e grãos (Silva et al., 2012). A expressão destes caracteres é influenciada pelo genótipo, técnicas de cultivo, disponibilidade hídrica, nutrientes e condições climáticas (Mantai et al., 2015). Desta forma, estudos da eficiência de uso do regulador de crescimento na expressão do acamamento, e seus reflexos sobre os indicadores de produtividade podem viabilizar o uso desta tecnologia para a produção de aveia no Brasil. O objetivo do estudo é a definição da dose ideal de regulador de crescimento em aveia que possibilite acamamento de plantas de no máximo 5%. Estabelecer equações que descrevam o comportamento dos indicadores de produtividade e, pelo uso da dose ideal do regulador de crescimento pelo acamamento, simular a expressão destes indicadores, em condição de alta fertilização com nitrogênio e de ano favorável e desfavorável ao cultivo.

METODOLOGIA

O trabalho foi desenvolvido nos anos agrícolas de 2013, 2014 e 2015, no Instituto Regional de Desenvolvimento Rural (IRDeR), pertencente ao Departamento de Estudos Agrários (DEAg) da Unijuí, localizado no município de Augusto Pestana–RS. A semeadura foi realizada sobre a cobertura vegetal de reduzida relação C/N (sistema soja/aveia). Foram conduzidos dois experimentos em um delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com quatro repetições, seguindo um esquema unifatorial na fonte de variação doses de regulador de crescimento (0, 200, 400 e 600 mL ha-1), totalizando 32 unidades experimentais. Foi realizada análise de variância (ANOVA) para detecção da presença ou ausência de interação entre os fatores. Com base nestas informações procedeu-se o teste de comparação de médias por Scott & Knott em nível de 5% de probabilidade de erro com a ajuda do software GENES (Cruz, 2013). Através de regressão, foram obtidas equações que descrevem o comportamento do acamamento, produtividade de grãos, produtividade de biomassa, produtividade de palha e índice de colheita. Procedeu-se o ajuste da equação linear considerando a possibilidade de acamamento de plantas de no máximo 5%, valor adicionado ao parâmetro "Y" da equação, para a estimativa da dose ideal de regulador de crescimento. Por fim, foi realizado a simulação dos indicadores de produtividade da aveia com o uso da dose ideal de regulador de crescimento pelo acamamento, nas condições de fertilização com nitrogênio e do ano de cultivo. Os valores médios de produtividade de grãos junto as informações de temperatura máxima e precipitação pluviométrica no ciclo de cultivo da aveia, foram os critérios de classificação do ano em favorável, intermediário ou desfavorável ao cultivo.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na Figura 1, no momento de aplicação de N-fertilizante em 2014, as médias de temperatura máxima se mostraram mais elevadas (±27°C) em relação a 2013 e 2015. Além disso, o nitrogênio aplicado em cobertura em 2014, foi seguido de volume de chuvas superior a 50 mm, volume também observado próximo a colheita de grãos. Estes fatos, justificam a menor produtividade obtida neste ano (Tabela 1), caracterizando o ano como desfavorável (AD). Em 2015, a temperatura máxima próxima a aplicação de N-fertilizante foi a mais reduzida (±12°C) em relação aos demais anos. No momento de aplicação de N-fertilizante, o solo se apresentava com condições de umidade adequada pelo acúmulo de chuvas dos dias anteriores (Figura 1). Por outro lado, o elevado volume de chuvas durante o ciclo proporcionaram períodos de menor insolação. Desta forma, as condições climáticas junto a média de produtividade de grãos da Tabela 1, justifica uma produtividade

razoável, caracterizando como ano intermediário (AI) de cultivo. Em 2013, a temperatura máxima obtida no momento da aplicação de N-fertilizante foi ao redor de 20 °C e a aplicação de N-fertilizante ocorreu em condições favoráveis de umidade do solo (Figura 1). Nesta condição, embora o volume total de chuva tenha sido o mais reduzido (Tabela 1), a adequada distribuição de precipitação pluviométrica ao longo do ciclo foi decisiva na maior produtividade de grãos, caracterizando ano favorável (AF) de cultivo.

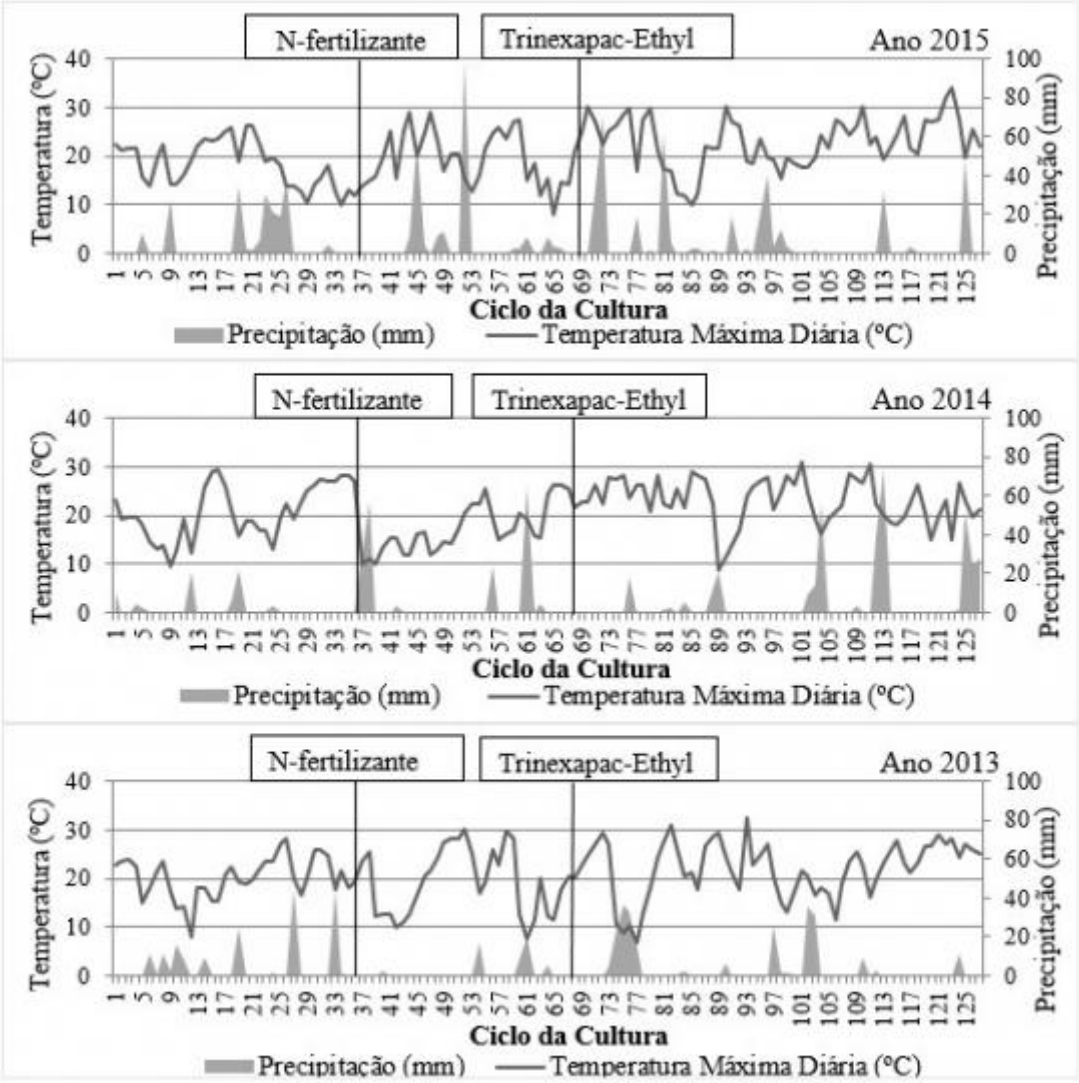

Figura 1. Precipitação pluviométrica, temperatura máxima no ciclo de aveia, aplicação de N-fertilizante e aplicação de Trinexapac-Ethyl.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

Tabela 1. Dados de temperatura e precipitação nos meses e anos de cultivo de aveia, média da produtividade de grãos e classificação dos anos agrícolas.

Ano	Mês	Temperatura °C			Precipitação (mm)		PG_g	Classe
		Mínima	Máxima	Média	Média*	Ocorrida	(kg ha^{-1})	
2015	Maio	10,5	22,7	16,6	149	100	3404	AI
	Junho	07,9	18,4	13,1	162	191		
	Julho	08,3	19,2	13,7	135	200		
	Agosto	09,3	20,4	14,8	138	223		
	Setembro	09,5	23,7	16,6	167	046		
	Outubro	12,2	25,1	18,6	156	211		
	Total	-	-	-	909	973		
2014	Maio	11,1	24,5	17,8	149	020	2841	AD
	Junho	09,3	19,7	14,5	162	059		
	Julho	07,4	17,5	12,4	135	176		
	Agosto	12,9	23,4	18,1	138	061		
	Setembro	12,0	23,0	17,5	167	194		
	Outubro	15,0	25,5	20,2	156	286		
	Total	-	-	-	909	798		
2013	Maio	10,0	22,6	16,3	149	108	4163	AF
	Junho	08,9	20,0	14,5	162	086		
	Julho	07,0	20,6	13,8	135	097		
	Agosto	06,6	19,8	13,2	138	163		
	Setembro	09,6	21,0	15,3	167	119		
	Outubro	13,2	27,1	20,2	156	138		
	Total	-	-	-	909	712		

*= Média de precipitação pluviométrica obtida nos meses de maio a outubro de 1982 a 2007; AF= ano favorável; AD= ano desfavorável; AI= ano intermediário; PG_g= produtividade média de grãos.

Na análise das fontes de variação ano, dose de N-fertilizante e dose de regulador de crescimento, diferenças entre os efeitos principais e de interação foram observados (dados não apresentados). Na Tabela 2, é possível observar elevada incidência de acamamento em 2014 (AD), na presença das doses do regulador. Enquanto que a ausência de uso do regulador indicou maior acamamento de plantas no ano mais favorável de cultivo. Além disto, o ponto de 400 mL ha-1 do regulador de crescimento indicou as menores médias de acamamento, similar a dose mais elevada do produto (600 mL ha-1), o que sugere que o ajuste da dose ideal do produto encontra-se neste intervalo de concentração. De modo geral, é observado tendência de redução do acamamento com o incremento da dose do regulador de crescimento, independente da condição de ano de cultivo. Na estimativa da dose ideal de regulador de crescimento pela expressão do acamamento (Tabela 2), as equações de regressão testadas identificaram tendência linear, independente de ano e dose de N-fertilizante. Para esta estimativa, foi levado em consideração a possibilidade de acamamento de plantas de no máximo 5%, valor adicionado ao parâmetro "Y" de cada equação. Independente da condição de ano de cultivo, a média das doses de regulador de crescimento obtidas foi de 500 mL ha-1.

Tabela 2. Médias do acamamento de plantas de aveia e estimativa da dose ideal do regulador na previsibilidade de acamamento de plantas de aveia de no máximo 5%

N (kg ha^{-1})	Ano	Dose do Regulador (mL ha^{-1})			
		0	200	400	600
		AC (%)			
90	2015 (AI)	61b	35b	05b	02b
	2014 (AD)	62b	68a	35a	33a
	2013 (AF)	82a	27b	03b	01b
$\bar{x}_{90}$		68	43	14	12

N (kg ha^{-1})	Ano	Equação $AC = a \pm bx$	R^2	$P(b_{ix})$	Y_E (%)	Dose ideal (mL ha^{-1})
90	2015 (AI)	$56{,}82 - 0{,}103x$	91	*	(5)	≅500
	2014 (AD)	$46{,}00 - 0{,}080x$	82	*		≅510
	2013 (AF)	$48{,}75 - 0{,}088x$	93	*		≅490
$\bar{x}_{90}$						≅500

Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem entre si na probabilidade de 5% de erro pelo teste de Scott & Knott; $\bar{x}_N$=média do acamamento obtido nos três anos de estudo; $\bar{x}_{geral}$= média geral; $P(b_{ix})$= parâmetro que mede a inclinação da reta; R^2= coeficiente de determinação; * = Significativo a 5% de probabilidade de erro; ( ) = consideração da possibilidade de acamamento de no máximo 5%; $\bar{x}_N$=média obtida nos três anos de estudo; $\bar{x}_{geral}$= média geral; Y_E = valor estimado; Dose ideal= dose de regulador que possibilita acamamento máximo de 5%.

Na Tabela 3, na análise do comportamento da produtividade de grãos (PG), independente de ano, as equações de grau dois se mostraram adequadas. Nestas equações, a inclusão da dose ideal de regulador de crescimento para o acamamento (Tabela 2), indica expectativa de produtividade de grãos superior a 3000 kg ha-1. Na média dos anos, pouca alteração foi obtida na dose do regulador, com expectativa de produtividade de grãos de 3544 kg ha-1, respectivamente. Ainda na Tabela 3, na análise da produtividade biológica (PB), independente de ano, as equações lineares se mostraram ajustadas, indicando que o aumento da dose de regulador de crescimento promove redução na biomassa total. A inclusão da dose ideal do regulador de crescimento obtida para o acamamento (Tabela 2), na equação que descreve o comportamento da produtividade biológica, indicou valores elevados de expressão e com forte dependência do ano de cultivo, condição mais favorecida no ano de 2013 (AF). Na média dos anos, o uso da dose ideal de regulador de crescimento indica uma produtividade biológica de aproximadamente 9000 kg ha-1.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico
Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

Tabela 3. Equação de regressão para estimativa da produtividade de grão (PG), biológica (PB), palha (PP) e índice de colheita (IC) da aveia com a utilização da dose ideal de regulador de crescimento

N (kg ha^{-1})	Ano	Equação	R^2	P (b_{ix})	Dose ideal (mL ha^{-1})	Y_E (kg ha^{-1})
		$PG = a \pm bx \pm cx^2$				
	2015 (AI)	$3991 + 1{,}13x - 2{,}9.10^{-3}x^2$	90	*	500	3831
90	2014 (AD)	$3368 + 0{,}87x - 2{,}0.10^{-3}x^2$	99	*	510	3295
	2013 (AF)	$3952 + 0{,}80x - 2{,}0.10^{-3}x^2$	91	*	490	3508
$\bar{x}_{90}$	-	$3926 + 0{,}93x - 2{,}3.10^{-3}x^2$	93	*	500	3544
		$PB = a \pm bx$				
	2015 (AI)	$9958 - 1{,}75x$	99	*	500	9083
90	2014 (AD)	$8758 - 0{,}73x$	97	*	510	8385
	2013 (AF)	$12511 - 6{,}03x$	98	*	490	9557
$\bar{x}_{90}$	-	$10409 - 2{,}83x$	98	*	500	9000
		$PP = a \pm bx$				
	2015 (AI)	$5847 - 1{,}09x$	86	*	500	5303
90	2014 (AD)	$5310 - 0{,}41x$	93	*	510	5100
	2013 (AF)	$8619 - 6{,}42x$	99	*	490	5470
$\bar{x}_{90}$	-	$6592 - 2{,}64x$	93	*	500	5290
		$IC = a \pm bx \pm cx^2$				
	2015 (AI)	$0{,}40 + 1{,}8.10^{-4}x - 3{,}0.10^{-7}x^2$	94	*	500	0,42
90	2014 (AD)	$0{,}38 + 1{,}4.10^{-4}x - 2{,}5.10^{-7}x^2$	99	*	510	0,39
	2013 (AF)	$0{,}31 + 1{,}2.10^{-4}x - 2{,}3.10^{-7}x^2$	99	*	490	0,32
$\bar{x}_{90}$	-	$0{,}36 + 1{,}4.10^{-4}x - 2{,}6.10^{-7}x^2$	97	*	500	0,38

$P(b_{ix})$= parâmetro que mede a inclinação da reta; R^2= coeficiente de determinação; * = Significativo a 5% de probabilidade de erro; $\bar{x}_N$=média obtida nos três anos de estudo; $\bar{x}_{geral}$= média geral; Y_E = valor estimado; Dose ideal = dose de regulador que possibilita acamamento máximo de 5%.

Na análise da produtividade de palha (PP) (Tabela 3), independente de ano, tendência linear decrescente é observada, similar ao obtido na produtividade biológica. Destaca-se que os efeitos de redução da produtividade biológica (Tabela 3) pelo uso do regulador, são integralmente obtidos pela redução da produtividade de palha e não por alterações na produtividade de grãos. Na média dos anos, o uso da dose alta (90 kg ha-1) de N-fertilizante e o uso da dose ótima de regulador de crescimento indicaram expectativa de produtividade de palha de 5290 kg ha-1. Na análise do índice de colheita (Tabela 3), independente de ano, as equações de grau dois se mostraram adequadas. Nestas equações, a inclusão da dose ideal de regulador de crescimento (Tabela 2) indicou menor índice de colheita no ano de 2013 (AF). Fato esperado, pois, a produtividade de grãos atinge a estabilidade visto o comportamento quadrático, o que na produtividade biológica, principalmente via palha, o comportamento linear promove constante crescimento, reduzindo o índice de colheita.

Desta forma, em aveia, nem sempre elevado índice de colheita se reflete em maior eficiência, uma vez que em condições favoráveis, maior aproveitamento é obtido via produtividade de palha.

CONCLUSÃO

A tecnologia de uso do regulador de crescimento com 495 mL ha-1 de princípio ativo trinexapac-ethyl, se mostra eficiente na redução do acamamento de plantas de aveia, independente da condição de ano agrícola e dose de N-fertilizante. Na expressão da produtividade de grãos e índice de colheita, comportamento quadrático é obtido, porém, com linearidade decrescente sobre a produtividade de biomassa e de palha pelo incremento da dose do regulador de crescimento. A dose ideal de regulador de crescimento na redução do acamamento da aveia não prejudica a produtividade de grãos, porém, reduz a produtividade biológica via biomassa palha com elevação sobre o índice de colheita.

Palavras-chave: Avena sativa, trinexapac-ethyl, regressão

AGRADECIMENTOS

À CAPES, CNPq, FAPERGS e à UNIJUÍ, pelo aporte dos recursos destinados ao desenvolvimento deste estudo e pelas bolsas de Iniciação Científica e Tecnológica, de Pós-graduação e de Produtividade em Pesquisa.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Cruz, C. D. Genes: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. Acta Scientiarum Agronomy, v.35, n.3, p.271-276, 2013.

Demétrio, J. V.; Costa, A. C. T.; Oliveira, P. S. R. Produção de biomassa de cultivares de aveia sob diferentes manejos de corte. Pesquisa Agropecuária Tropical, v.42, p.198-205, 2012.

Flores, R. A.; Urquiaga, S. S.; Alves, B. J. R.; Collier, L. S.; Morais, R. F. de; Prado, R. de M. Adubação nitrogenada e idade de corte na produção de matéria seca do capim-elefante no Cerrado. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. v.16, p.1282-1288, 2012.

Hawerroth, M. C.; Silva, J. A. G. da; Souza, C. A.; Oliveira, A. C. de; Luche. H. de S.; Zimmer, C. M.; Hawerroth, 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, n.2, p.115-125, 2015.

Kaspary, T. E.; Lamego, F. P.; Bellé, C.; Kulczynski, S. M.; Pittol, D. Regulador de crescimento na produtividade e qualidade de sementes de aveia-branca. Planta Daninha, v. 33, n. 4, p. 739-750, 2015.

Mantai, R. D.; Silva, J. A. G. da; Arenhardt, E. G.; Heck, T. G.; Sausen, A. T. Z. R.; Krüger, C. A. M. B.; Cardoso, A. M.; Goi Neto, C. J.; Krysczun, D. K. The effect of nitrogen dose on the yield indicators of oats. African Journal of Agricultural Research, v. 10, p.3773-3781, 2015.

Silva, J. A. G. da; Arenhardt, E. G.; Krüger, C. A. M. B.; Lucchese, O. A.; Metz, M.; Marolli, A. A expressão dos componentes de produtividade do trigo pela classe tecnológica e aproveitamento do nitrogênio, Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.19, no.1, p.27-33, 2015.

Silva, J. A. G. da; Fontaniva, C.; Costa, J. P. S.; Krüger, C.A. M. B.; Ubessi, C.; Pinto F. B.; Arenhardt, E. G.; Gewehr, E. Uma proposta na densidade de semeadura de um biotipo atual de cultivares de aveia. Revista Brasileira de Agroecologia, v.18, n.4, p.253-263, 2012.