

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

A TECNOLOGIA DO HIDROGEL NA EFICIÊNCIA DE USO DE NITROGÊNIO E LÓGICA FUZZY APLICADA À PREVISIBILIDADE DE PRODUTIVIDADE DE GRÃOS DE AVEIA À ALIMENTAÇÃO¹

Eldair F. Dornelles², Osmar Bruneslau Scremin³, Rubia Diana Mantai⁴, Anderson Marolli⁵, Rafael Z. Frantz⁶, José Antonio Gonzalez Da Silva⁷.

¹ Parte dos resultados de pesquisa desenvolvida pelo DEAg/UNIJUÍ

² Mestrando em Modelagem Matemática do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul/UNIJUÍ.

³ Doutorando 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 Professor do Departamento de Ciências Exatas e Engenharias da 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

Dentre os diversos cereais de inverno existentes, o cultivo da aveia branca (*Avena sativa* L.) vem se firmando como uma importante alternativa de exploração agrícola e como cultura alternativa ao trigo (CONAB, 2016). O cultivo da aveia oferece inúmeros benefícios ao sistema de produção de grãos, forragem e cobertura do solo. Além disso, é de grande importância na alimentação humana e animal, devido sua composição rica em nutrientes e a presença de fibras solúveis. Devido aos benefícios gerados à saúde humana, o seu consumo vem crescendo (KEHL, 2013), ano após ano, impulsionado pelo aumento de consumidores cada vez mais exigentes, que procuram alimentos saudáveis em busca de melhor qualidade de vida. O potencial de produção da aveia branca está diretamente associada às técnicas de manejo, umidade, disponibilidade de nutrientes, dentre outros (MANTAI et al., 2015). Para tanto a adubação nitrogenada em conjunto com a umidade do solo, são fatores determinantes na eficiência do uso dos nutrientes, tanto sintético quanto da decomposição dos resíduos vegetais sobre o solo. (SILVA et al, 2015).

Um suprimento que visa garantir a manutenção de umidade no solo é o hidroretentor de água, tal suprimento armazena água em seu interior e libera gradativamente. O uso de hidroretentores pode representar uma tecnologia inovadora de manutenção de umidade no sistema favorecendo o aproveitamento do N-fertilizante e/ou residual nas distintas condições de cultivo. Neste contexto, os polímeros hidroretentores podem ser interessantes, atuando como reguladores da disponibilidade de água para as culturas, aumentando a produtividade local e minimizando os custos de produção (Dranski et al., 2013). A agricultura encontra-se em um momento que exige e propicia a geração, difusão e utilização de técnicas modernas de produção agrícola e de administração das

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

propriedades. Neste cenário, o uso de modelagem via lógica fuzzy tem um lugar de destaque, com aplicações práticas cada vez mais bem sucedidas (BARROS & BASSANEZI, 2010). Tal técnica propicia a inserção de valores imprecisos para entender os processos de interação entre as diferentes áreas e processos existentes, dentre esses valores pode-se destacar os dados sobre meteorologia, climatologia e os processos biológicos existentes (AGUADO & CANTANHEDE, 2010).

A tecnologia de uso de hidrogel na agricultura pode representar a possibilidade de aumento da eficiência no uso de nitrogênio na produtividade de grãos e junto a modelagem por lógica fuzzy qualificar a simulação da expectativa de produção a partir das condições reais de cultivo. Neste contexto, objetiva-se avaliar os efeitos de uso do hidrogel sobre a eficiência de uso de nitrogênio na aveia voltada a alimentação e desenvolver um modelo de simulação da produtividade de grãos utilizando lógica fuzzy junto a ação combinada da temperatura média do ar para inferências às condições reais de cultivo no sistema de milho/aveia.

Material e Métodos

Os trabalhos foram desenvolvidos à campo, nos anos agrícolas de 2014 e 2015, no município de Augusto Pestana, RS. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados com quatro repetições, seguindo um esquema fatorial 5 x 5 nas fontes de variação das doses de hidrogel nos níveis 0, 30, 60, 90 e 120 kg/ha (aplicados junto ao sulco na semeadura), e doses de N-fertilizante (fonte ureia) nos níveis 0, 30, 60, 90 e 120 kg/ha (aplicado em cobertura no estádio de quarta folha expandida), com o uso da cultivar de aveia branca URS-Corona, no sistema de cultivo milho/aveia. Para realizar a estimativa da produtividade de grãos em cada sistema de cultivo, a colheita foi realizada de forma manual pelo corte das três linhas centrais de cada parcela, posteriormente foram trilhadas com colheitadeira estacionária e encaminhadas ao laboratório para correção da umidade de grãos a 13% e pesagem para estimativa da produtividade. Os dados climáticos foram obtidos através da estação meteorológica do IRDer, próxima aos experimentos.

Na implementação da Lógica Fuzzy para previsibilidade da produtividade de grãos, foi utilizado o Toolbox "fuzzy", do software Matlab. Serviram de entradas para avaliação das regras a quantidade de Nitrogênio e Temperatura Máxima, com o conectivo "e". Foi utilizado o método de inferência de Mamdani com a semântica de processamento Max-Min, a qual utiliza as operações de união e interseção entre conjuntos. Para a diferenciação dos anos de cultivo foi usada a variável temperatura máxima. Tal variável mostrou-se importante nas simulações devido à variação da mesma durante os anos de estudo. A variável de entrada Nitrogênio ficou definida com as doses (0, 30, 60, 90 e 120 kg/ha), já a variável temperatura máxima recebeu as médias das temperaturas máxima de cada ano de cultivo. Para a variável de saída (Produtividade de grãos), o intervalo teve como limite inferior e superior a produtividade de grãos observada do efeito cumulativo dos anos.

Foram construídos 5 simuladores, sendo que para cada simulador foi utilizado uma quantidade diferentes de hidrogel, tais quantidades foram fixadas em (0, 30, 60, 90 e 120 kg/ha). Na sequência, foi feita a validação dos simuladores fuzzy, para o efeito cumulativo dos anos, sendo que as saídas ficaram dentro do intervalo de confiança, a 5% de probabilidade de erro. Na Tabela 1 é apresentada a base de regras da lógica fuzzy, considerando as variáveis de entrada nitrogênio e temperatura máxima à simulação da produtividade de grãos.

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

Tabela 1. Base de regras Lógica Fuzzy para a simulação da produtividade de grãos da aveia nos sistemas de sucessão milho/aveia.

N		Ano	T _{MÁX} (°C)		Variáveis Linguísticas de Saída				
V _L	V _Q		V _L	V _Q	PG _{H0}	PG _{H30}	PG _{H60}	PG _{H90}	PG _{H120}
MB	0	2015	B	21	B	B	B	B	B
		2014	A	25	B	B	B	B	B
B	30	2015	B	21	A	A	M	A	A
		2014	A	25	M	M	B	M	M
M	60	2015	B	21	MA	A	MA	MA	MA
		2014	A	25	A	A	A	M	M
A	90	2015	B	21	MA	MA	MA	MA	MA
		2014	A	25	A	MA	A	A	A
MA	120	2015	B	21	MA	MA	MA	MA	MA
		2014	A	25	A	MA	MA	MA	MA
Valor real			Mínimo		1164	1159	1510	1304	1211
(2014+2015)			Máximo		3620	3821	3724	3725	3745

N=nitrogênio (kg/ha); T_{MÁX}=temperatura média máxima; VL=variáveis linguísticas; VQ=variáveis quantitativas; PG=produtividade de grãos; MB=muito baixa; B=baixa; M=média; A=alta; MA=muito alta; H=hidrogel (kg/ha);

No nitrogênio, as variáveis linguísticas (VL) e seu correspondente valor quantitativo (VQ) foi definido por especialista nas condições de uso das doses N-fertilizante, sendo muito baixo (MB, 0 kg/ha), baixo (B, 30 kg/ha), médio (M, 60 kg/ha), alto (A, 90 kg/ha) e muito alto (MA, 120 kg/ha). Na temperatura máxima (T_{MÁX}), as variáveis linguísticas e seu correspondente valor quantitativo foi definido como baixo (B, 21°C) e alto (25 °C). Para expressar conceitos é muito comum o uso de elementos qualitativos ao invés de valores quantitativos (BRUNASSI 2006). Uma variável linguística tem por característica assumir valores dentro de um conjunto de termos linguísticos. Deste modo, ao invés de assumir instâncias numéricas, a variável assume instâncias linguísticas ou seja, palavras ou frases, tais como: baixa, média, alta, (BILOBROVEC et al., 2004). Para se atribuir um significado aos termos linguísticos, associa-se cada um destes a um conjunto fuzzy definido sobre um universo de discurso comum (SANTOS & NÄÄS, 2006). Na Tabela 1, pode-se observar que para as regras das variáveis linguísticas de saída (produtividade de grãos), foram estabelecidos quatro intervalos, que são baixa (B), média (M), alta (A) e muito alta (MA).

Discussão dos resultados

Nas doses de hidrogel, de modo geral, o incremento de N-fertilizante proporcionou aumento na produtividade de grãos até o ponto de 90 kg/ha. Este fato indica que há uma estabilidade de aproveitamento do nutriente, independente da dose de hidrogel testado. Na Tabela 2, está apresentada a média e os limites inferior e superior do intervalo de confiança dos valores reais e simulados por lógica fuzzy à produtividade de grãos no uso do hidrogel e nitrogênio no sistema milho/aveia.

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

Tabela 2. Lógica Fuzzy na simulação da produtividade da aveia por nitrogênio e temperatura no uso do hidrogel, no sistema milho/aveia.

H (kg ha ⁻¹)	N (kg ha ⁻¹)	PG (kg ha ⁻¹)			Fuzzy PG (kg ha ⁻¹)
		L _i	$\bar{X}$	L _s	
Análise conjunta (2014 + 2015)					
0	0	1240	1551 c	1818	1480
	30	2163	2476 b	2745	2390
	60	2451	2902 a	3289	2900
	90	2789	3144 a	3449	2900
	120	2778	3094 a	3364	2900
Média H ₀		2284	2633	2933	2514
30	0	1231	1502 d	1735	1500
	30	2254	2511 c	2731	2490
	60	2655	2979 b	3258	2930
	90	3014	3351 a	3640	3480
	120	3009	3348 a	3639	3480
Média H ₃₀		2432	2738	3000	2776
60	0	1584	1891 e	2154	1790
	30	1982	2281 d	2537	2150
	60	2524	2837 c	3105	3080
	90	2852	3097 b	3307	3080
	120	3224	3432 a	3610	3440
Média H ₆₀		2433	2707	2942	2708
90	0	1374	1689 e	1958	1610
	30	2104	2392 d	2639	2510
	60	2491	2811 c	3086	2550
	90	2812	3097 b	3342	3020
	120	3109	3367 a	3589	3420
Média H ₉₀		2378	2671	2922	2622
120	0	1296	1634 e	1924	1530
	30	2006	2363 d	2669	2480
	60	2425	2757 c	3041	2520
	90	2736	3033 b	3289	3010
	120	3061	3340 a	3580	3320
Média H ₁₂₀		2304	2625	2900	2572

H= hidrogel; N= nitrogênio; Li e Ls= limite inferior e superior do intervalo de confiança a 5% de probabilidade de erro; $\bar{X}$ = média; PG= produtividade de grãos; PB= produtividade de biomassa; Médias seguidas pela mesma letra dentro de cada condição de uso do hidrogel constituem grupo estatisticamente homogêneo pelo modelo Skott-Knott a 5% de probabilidade de erro.

Na tabela 2, pode se observar que a ausência de uso do hidrogel indicou pelos valores observados que o incremento de N-fertilizante promovem uma estabilidade da produtividade de grãos a partir

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

do ponto de 60 kg/ha de N-fertilizante. Na dose de 30 kg/ha de hidrogel, os pontos com N-fertilizante com 90 e 120 kg/ha foram os mais expressivos e não diferiram entre si. Por outro lado às doses de 60, 90 e 120 kg ha⁻¹ do biopolímero, alterou o comportamento, gerando linearidade da produtividade de grãos, fato que indica que no sistema milho/aveia há uma tendência de melhoria a eficiência do uso do nitrogênio voltada à produtividade de grãos.

Conclusão

A tecnologia do hidrogel como hidrorretentor de água no solo promove benefícios sobre o aproveitamento de nitrogênio à produtividade de grãos de aveia à alimentação humana, principalmente, na doses de 30 kg/ha nos sistema de sucessão milho/aveia. O modelo fuzzy implementado possibilitou estimar os valores de produtividade de grãos nas condições de uso do hidrogel em função das doses de nitrogênio junto a temperatura máxima do ar. Destaca-se que os valores observados com os estimados pelo modelo fuzzy foram similares, comprovando a possibilidade deste tipo de modelagem para simulação da produtividade de grãos em espécies agrícolas.

Palavras-chave

Avena sativa L., temperatura máxima, precipitação, hidrorretentor, variáveis linguísticas.

Agradecimentos

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

Referências

AGUADO, Alexandre Garcia; CANTANHEDE, Marco André. Lógica Fuzzy. Faculdade de Tecnologia, Universidade Estadual de Campinas, 2010.

ARGENTA, Gilber; SILVA, Paulo Regis Ferreira da. Adubação nitrogenada em milho implantado em semeadura direta após aveia preta. Cienc. Rural, Santa Maria, v. 29, n. 4, p. 745-754, Dec. 1999. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84781999000400031&lng=en&nrm=iso> Acesso em: 29 jun 2016.

BARROS, L.C. & BASSANEZI, R.C. Tópicos de Lógica Fuzzy e Biomatemática. 2ª Edição. Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP, 2010.

BILOBROVEC, Marcelo; MARÇAL, Rui Francisco Martins; KOVALESKI, João Luis. Implementação de um sistema de controle inteligente utilizando a lógica fuzzy. XI SIMPEP, Bauru/Brasil, 2004.

BRUNASSI, L. A.; MOURA, D. J.; NÄÄS, I. A. Teste de um sistema fuzzy de identificação de estro em uma fazenda comercial de vacas leiteiras. SIMPÓSIO DE CONSTRUÇÕES RURAIS E AMBIENTES PROTEGIDOS, SIMCRA, 2006.

Modalidade do trabalho: Relatório técnico-científico

Evento: VI Seminário de Inovação e Tecnologia

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. Disponível em:
<<http://www.conab.gov.br>> Acesso em: 20 abr. 2016.

GRANDIZOLI, Mendonça Thaís et al. Hidrogel como alternativa no aumento da capacidade de armazenamento de água no solo. Water Resources and Irrigation Management, 2013.

KEHL, K. Aveia Branca: Uma alternativa para o cultivo no inverno. <http://www.agrolink.com.br/culturas/soja/noticia/aveia-branca--uma-alternativa-para-o-cultivo-no-inverno_176011.html> Acesso em 15/06/2016.

MANTAI, Rubia D. et al . A eficiência na produção de biomassa e grãos de aveia pelo uso do nitrogênio. Rev. bras. eng. agríc. ambient., Campina Grande , v. 19, n. 4, p. 343-349, apr. 2015. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1415-43662015000400343&lng=en&nrm=iso>. Acesso em: 29 jun 2016.

SANTOS, R.C.; NÄÄS, I.A. Utilização da lógica fuzzy para a simulação do estro de bovino leiteiro exposto a diferentes valores de temperatura e UR. In: SIMPÓSIO DE CONSTRUÇÕES RURAIS E AMBIENTES PROTEGIDOS, 2006, Campinas, SP. Anais... Campinas: FEAGRI/UNICAMP, 2006. 1 CD.

SILVA, José A. G. da et al. A expressão dos componentes de produtividade do trigo pela classe tecnológica e aproveitamento do nitrogênio. Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental, v.19, n.1, p.27-33, 2015.