

APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO NO MILHO SEGUNDA SAFRA COM AUXÍLIO DE SENSOR ATIVO: PARTE II – EFEITO DA ÉPOCA DE APLICAÇÃO, PARTIÇÃO DA DOSE E DOSE TOTAL SOBRE A PRODUTIVIDADE

LEANDRO M. GIMENEZ¹, LUCAS CORTINOVE²

¹ Professor Doutor, Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, (19)34294165, lmgimenez@usp.br

² Engenheiro Agrônomo, Pesquisador, Fundação MT, (66)34394100

Apresentado no

XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola - CONBEA 2015

13 a 17 de setembro de 2015- São Pedro- SP, Brasil

RESUMO: A dose do fertilizante nitrogenado em milho é geralmente definida com base na produtividade histórica. Sensores permitem obter índices de vegetação sensíveis ao vigor das plantas e modelos relacionais utilizados para cálculo da dose do fertilizante em cobertura, permitindo adequar a dose à necessidade das plantas. Tais modelos tendem a ser regionais e sensíveis à época e material genético. Nos cultivos do milho de segunda safra no Brasil Central, respostas à adubação nitrogenada em cobertura ocorrem na fase inicial do ciclo. Com o objetivo de avaliar uso do índice de suficiência como método para definir a necessidade de complementação da adubação nitrogenada em cobertura, evitando modelos mais complexos, foi implantado um experimento com três doses de nitrogênio, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ dois momentos de aplicação da cobertura, V7 e V11, duas partições da dose total, 50 ou 30% em cobertura. Parcelas foram implantadas com toda adubação logo após a semeadura e serviram como referência para o cálculo do índice. Houve economia de fertilizante, mas a produtividade foi comprometida pela aplicação tardia. Quanto menor o montante da adubação a ser aplicado em cobertura mais satisfatório foi o uso do índice, novos trabalhos precisam ser conduzidos com aplicações anteriores a V7.

PALAVRAS-CHAVE: sensor de refletância, sensoriamento remoto, NDVI

USING AN ACTIVE SENSOR IN THE APPLICATION OF NITROGEN FOR SECOND SEASON CORN: PART II – TIMMING, PARTIAL RATE AND TOTAL RATE EFFECTS ON YIELD

ABSTRACT: Nitrogen rate for corn is usually defined according to yield historical data. Sensors allow obtaining vegetation indexes that relates to plant vigor and can be used on models to predict nitrogen needed in sidedressing applications. Such models are often of regional applicability being affected by factors like timing of the readings and plant genetics. Second season corn cultivated in Central Brazil are responsive for nitrogen applications in the early stage. The objective of this study is to evaluate the use of a sufficiency index as a method for definition of the requirement of a sidedressing application, avoiding complex models. An experiment was carried with three nitrogen rates, 30, 60 and 90 kg ha⁻¹, two application moments, V7 and V11 and two rates of the total rate as sidedress, 50 or 30%. Plots were settled with the total rate just after planting to be used as references for the index calculation. The results showed economy in nitrogen fertilizer but yield was negatively affected by the late application. The smaller amount applied on sidedress allowed a better performance for using the index. More research is needed to evaluate the feasibility of the method for applications done before V7 stage.

KEYWORDS: nitrogen use efficiency, remote sensing, NDVI

INTRODUÇÃO: Sensores ativos de refletância vem sendo utilizados há alguns anos na aplicação localizada de nitrogênio, na maior parte das vezes em ambientes com clima temperado e nas culturas em que há estreita relação entre biomassa e produtividade como o trigo (WELSH et al. 2003). Em ambiente tropical o uso destes sensores pode trazer nova perspectiva ao manejo da adubação nitrogenada, dado que a dinâmica da matéria orgânica e com isto dos níveis de nitrogênio do solo inviabiliza a utilização dos níveis obtidos em amostragens de solo (POVH et al. 2008). Há pelo menos duas abordagens para o uso de sensores na aplicação de nitrogênio em cobertura nas culturas. A primeira compreende o desenvolvimento de modelos empíricos, relacionando

valores absolutos de produtividade com aqueles de refletância como aquele apresentado por Raun et al. (2002). Dificuldades emergem pelo fato da refletância ser influenciada pela cultivar, estágio fenológico, população de plantas entre outros e os modelos tendem a ser bastante regionais e específicos. A segunda abordagem compreende o uso de faixas de referência, obtidas pela aplicação de uma dose alta de nitrogênio no momento da semeadura, e utilizadas como testemunhas em que se sabe não haver restrição do nutriente (HOLLAND & SCHEPERS, 2013). Comparações são realizadas entre o valor obtido nos pontos em que se deseja aplicar o fertilizante com aqueles valores de referência e um índice de suficiência é obtido e a aplicação é definida em função deste índice (SOLARI et al. 2010). O objetivo deste trabalho foi avaliar se o índice de suficiência pode ser utilizado para definir a necessidade da complementação do fertilizante nitrogenado.

MATERIAL E MÉTODOS: O trabalho foi desenvolvido na estação experimental da Fundação Mato Grosso, localizada no município de Itiquira, com latitude S17°09'19", longitude O54°42'55 e 500 m de altitude. O solo da área é classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico com textura muito argilosa, encontrando-se sob sistema de semeadura direta com cultivo de soja na safra principal, seguida de milho na segunda safra. A semeadura do milho híbrido DOW2B587 foi realizada em 25 de fevereiro de 2014, buscando uma população de 55.000 pl ha⁻¹, no espaçamento de 0,45 m entre fileiras. A adubação consistiu de 120 kg ha⁻¹ de K₂O aplicados na cultura da soja antecessora, 60 kg ha⁻¹ de K₂O em superfície em pré semeadura e 450 kg ha⁻¹ de superfosfato simples no sulco de semeadura. Um experimento no delineamento inteiramente casualizado foi implantado. Doze tratamentos foram obtidos pela combinação de três doses totais de nitrogênio, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹, dois percentuais da dose em semeadura, 50% ou 70% e dois momentos de realização da aplicação em cobertura, V7 ou V11. As parcelas possuíam 7 metros de comprimento por 3,15 metros de largura. Para cada tratamento foram implantadas 16 repetições, visando verificar a eficácia do uso do índice de suficiência. A primeira aplicação da adubação nitrogenada foi realizada em V1, quatro dias após a semeadura, empregando ureia protegida contendo 44% de N, 0,4% de B como ácido bórico e 0,15 % de Cu como sulfato de cobre. As aplicações das doses complementares de nitrogênio em cobertura foram realizadas em função do índice de suficiência (IS). Para tal, parcelas de referência, com a aplicação de doses cheias do fertilizante em V1 nas doses de 0, 30, 60 e 90 kg ha⁻¹ foram implantadas em 6 repetições distribuídas de modo casualizado ao longo do experimento principal. Estas parcelas serviram como indicadoras do nível de nutrição adequado dentro de cada dose final planejada. As leituras tomadas com o sensor nas parcelas de referência foram comparadas com aquelas dos tratamentos em que a dose total era a mesma e nos momentos previstos, ou seja, V7 ou V11. Procedeu-se ao cálculo do Índice de Suficiência (IS), definido pela razão abaixo.

$$IS = \frac{NDVI_{\text{parcela a ser tratada}}}{NDVI_{\text{parcela de referência}}}$$

Adotou-se como critério para a complementação da dose o valor IS de 0,95. Desta forma quando a leitura da parcela a ser tratada era 95% ou maior daquela encontrada na média das parcelas de referência não se realizava a aplicação da ureia faltante para completar a dose cheia. Quando o valor de IS era inferior aos 0,95 procedeu-se à aplicação. Nas aplicações em cobertura se utilizou a mesma fonte de nitrogênio da semeadura. As aplicações foram realizadas manualmente, logo após a leitura e cálculo do IS. Para a determinação da produtividade foram colhidas 3 linhas de 5 m de comprimento em cada parcela. O sensor ativo CropCircle ACS470, do fabricante Holland Scientific, foi utilizado para obtenção de valores de refletância utilizados no cálculo do índice de vegetação pela diferença normalizada (NDVI). O equipamento foi operado a uma distância de 0,8 m do topo das plantas, sendo realizadas três passadas por parcelas de modo a caracterizar as três linhas centrais. Em média foram obtidas 60 amostras de refletância por parcela em cada momento. Utilizaram-se filtros para obter dados de refletância nos comprimentos de 670 (vermelho) e 760 nm (infravermelho). O cálculo do índice de vegetação foi realizado conforme a Equação 1.

$$Iv = \frac{Ifv - Vis}{Ifv + Vis} \quad (1)$$

em que,

Iv – Índice de vegetação, NDVI;

Ifv – Refletância do comprimento de onda do infravermelho, ou seja 760 nm;

Vis – Refletância do comprimento de onda visível, ou seja 670 nm;

A análise dos dados consistiu de ajuste de regressão entre os valores de produtividade das parcelas de referência e doses de nitrogênio para averiguar a resposta ao nutriente. Análises de variância foram utilizadas para verificar o efeito do momento de aplicação e da dose sobre a produtividade. Utilizaram-se os dados de quatro repetições tomadas aleatoriamente dentre aquelas que receberam a aplicação em cobertura, tomando-se a precaução de empregar apenas aquelas em que 70% da dose foi aplicada próxima à semeadura. Quando o resultado do teste F demonstrou a ocorrência de efeito de tratamento aplicou-se o teste de Tukey para verificar a ocorrência de diferença entre médias. O fato de ter ocorrido variação entre tratamentos quanto ao número de parcelas que recebeu ou não as aplicações de cobertura inviabilizaram análises de variância ou testes de comparação de médias. Optou-se por apresentar um quadro sintetizando os resultados de produtividade e percentuais das parcelas em que se realizou a aplicação a partir do índice de suficiência.

RESULTADOS E DISCUSSÃO: Houve resposta em produtividade à aplicação do nitrogênio nas parcelas utilizadas como referência. Conforme apresentado na Figura 2, o comportamento da produtividade pôde ser descrito através de um modelo de regressão linear, significativo a 1% de probabilidade de erro. A diferença em produtividade entre a ausência de nitrogênio e a da maior dose foi de 1298 kg ha⁻¹, ou 14,4 kg de milho para cada quilograma de nitrogênio aplicado.

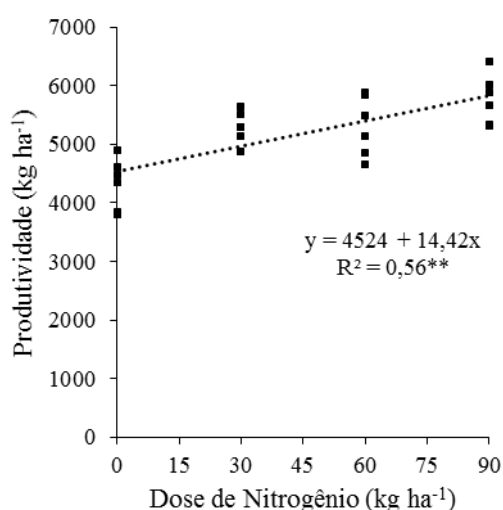


FIGURA 2. Resposta em produtividade para a aplicação de doses crescentes de nitrogênio. **Yield as a function of nitrogen rates.**

A comparação entre as produtividades obtidas entre doses e momentos é apresentada na Tabela 1, que demonstra haver perda em produtividade em função do atraso na aplicação do fertilizante em cobertura. Embora sem diferença estatística para e momentos dentro de cada dose, quando se realiza a análise considerando um maior número de graus de liberdade para os tratamentos ficou evidenciado o efeito negativo no atraso do fornecimento.

TABELA 1. Resultado das análises de variância e do teste de comparação de médias para avaliar o efeito da dose e época de aplicação sobre a produtividade. **Results of the analysis of variance and average comparison test for evaluation of nitrogen rate and moment of application.**

Dose	Produtividade (kg ha ⁻¹)			p-valor
	V1**	V7	V11	
30	5289	5148	4862	0,1999
60	5338	5228	4720	0,1209
90	5545	5183	5245	0,3384
p-valor*	0,5902	0,8575	0,2923	-
Média	5391 A	5186 AB	4943 B	0,0152

*Probabilidade de erro ao afirmar que houve efeito do tratamento, segundo o teste F da análise de variância. ** Médias seguidas de mesmas letras minúsculas nas colunas ou maiúsculas nas linhas não diferem segundo o teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

A ausência de resposta à adubação em função de aplicações tardias tornou pouco satisfatória a comparação entre os tratamentos, como pode ser visualizado na Tabela 2. Porém podem ser ressaltados alguns aspectos para trabalhos futuros. As perdas em produtividade ocorreram de modo mais expressivo quando 50% da dose total de N foi aplicado em cobertura, ou seja, média de 1,4% de perda para os tratamentos em que se deixou de realizar a aplicação empregando o índice de suficiência. Nos tratamentos em que 30% da dose foi aplicada em cobertura a média de produtividade das parcelas que não receberam a aplicação foi 4,9% superior àquelas que receberam. Ao observar o momento de aplicação, as diferenças em produtividade entre as parcelas que não receberam e as que receberam as aplicações em V7 e V11 foram de 1,8 e 1,7% respectivamente, ou seja a ausência de aplicação permitiu na média dos tratamentos ligeiro acréscimo na produtividade.

TABELA 2. Resumo dos resultados de aplicação através do índice de suficiência. **Summary of results for using the sufficiency index.**

Trat.	N total kg ha ⁻¹	Cobertura %	Momento	Parcelas Aplicadas		Produtividade (kg ha ⁻¹)			Perda (%)*
				Nº	%	Sem Cobert.	Com Cobert.	Média	
1	30	50	V7	14	93	4890	4883	4887	-0,1
2	30	50	V11	15	27	4831	5117	4974	5,6
3	30	30	V7	16	81	5168	4930	5049	-4,8
4	30	30	V11	14	29	5181	4862	5022	-6,6
5	60	50	V7	13	69	5285	4991	5138	-5,9
6	60	50	V11	15	7	5066	5151	5109	1,7
7	60	30	V7	14	86	5020	5226	5123	3,9
8	60	30	V11	15	27	5205	4720	4963	-10,3
9	90	50	V7	14	79	5252	5395	5324	2,7
10	90	50	V11	14	36	5047	5279	5163	4,4
11	90	30	V7	15	47	5340	5022	5181	-6,3
12	90	30	V11	14	29	5513	5245	5379	-5,1

*Cálculo: (produtividade com aplicação – produtividade sem aplicação) / produtividade com aplicação. Valores negativos indicam maior produtividade em parcelas que não receberam a complementação da cobertura.

CONCLUSÕES:

As aplicações em fases tardias reduziram a resposta à adubação nitrogenada e a produtividade do milho tornando pouco adequadas as comparações entre os tratamentos. Estes fatos impõem restrições ao uso do sensor para as aplicações de cobertura em condições de milho segunda safra. Apesar destes aspectos verificou-se que maiores doses próximas à sementeira e menores em cobertura favoreceram o uso do índice de suficiência.

REFERÊNCIAS

- POVH, F. P.; MOLIN, J.P.; GIMENEZ, L. M.; PAULETTI, V.; MOLIN, R.; SALVI, J. V.; Comportamento do NDVI obtido por sensor ótico ativo em cereais. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 43, n. 8, p. 1075-1083, ago. 2008.
- RAUN, W.R.; SOLIE, J.B.; JOHNSON, G.V.; STONE, M.L.; MULLEN, R.W.; FREEMAN, K.W.; THOMASON, W.E.; LUKINA, E.V. Improving nitrogen use efficiency in cereal grain production with optical sensing and variable rate application. **Agronomy Journal**, v.94, p.815-820, 2002.
- HOLLAND, K.H.; SCHEPERS, J. Use of a virtual-reference concept to interpret active crop canopy sensor data. **Precision Agriculture**, v.14, n.1, 2013.
- SOLARI, F.; SHANAHAN, J.F.; FERGUSON, R.B.; ADAMCHUCK, V. I. An active sensor algorithm for corn N applications based on a chlorophyll meter sufficiency index framework. **Agronomy Journal**, v.102, p.1090-1098, 2010.
- WELSH, J.P.; WOOD, G.A.; GODWIN, R.J.; TAYLOR, J.C.; EARL, R.; BLACKMORE, S.; KNIGHT, S.M. Developing strategies for spatially variable nitrogen application in cereals. Part I: winter barley. **Biosystems Engineering**, v.84, p.481-494, 2003.