

Resposta da aplicação de nitrogênio em sorgo em sistema de plantio direto

Pedro Celso Soares da Silva¹ e Cláudio Lovato²

¹ UNIOESTE - Centro de Ciências Agrárias, Campus Marechal Cândido Rondon, PR. Endereço para correspondência. Unioeste/CCA/MCR/LER, Rua Pernambuco, 1777- CEP: 85960-000 - Marechal Cândido Rondon, PR.

² UFSM - Departamento de Fitotecnia/CCR. Santa Maria, RS.

pcssagro@yahoo.com.br

Resumo: Com a finalidade de verificar a resposta da adubação nitrogenada em sorgo granífero em diferentes períodos de desenvolvimento da cultura em plantio direto realizou-se este estudo. No presente estudo procurou-se verificar como as aplicações influenciam no desenvolvimento da planta em termos no ciclo, índice de área foliar, produtividade biológica e rendimento de grãos. O experimento foi conduzido no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, e foi constituído por 21 tratamentos com nitrogênio. Nos tratamentos onde o nitrogênio foi aplicado mais cedo, aproximadamente 70% do N, foi absorvido pelas plantas entre a oitava e a nona semana. Em aplicações tardias aos 66 e 74 dias com mais de 150 kg de N em cobertura verificou-se maior duração de ciclo, menor área foliar, menor produtividade biológica e conseqüentemente rendimento de grãos.

Palavras-chave: desenvolvimento, índice de área foliar, produtividade biológica.

Response of nitrogen application on sorghum grain in no-tillage system

Abstract: In order to check the response of nitrogen fertilization in grain sorghum in different periods of crop development in no-tillage was carried out this study. In the present study sought to determine how applications influence on plant development in the cycle, leaf area index, yield and biological yield. The experiment was conducted in a randomized block design with three replications, and consisted of 21 treatments with nitrogen. In treatments where nitrogen was applied early, approximately 70% of N was absorbed by the plants between the eighth and ninth weeks. In late application at 66 and 74 days with more than 150 kg of nitrogen in there was a higher cycle length, leaf area, lower biological productivity and consequently grain yield.

Key words: development, leaf area index, biological productivity

Introdução

Em termos de adubação nitrogenada na cultura do sorgo granífero, existem poucas informações a respeito do correto manejo do nitrogênio quanto a doses e épocas de aplicação.

Para suprir esta deficiência de informações com relação ao manejo de nitrogênio para essa cultura, busca-se, muitas vezes subsídios em resultados de pesquisa em manejo com nitrogênio na cultura do milho. Para essa cultura existem muitos trabalhos científicos que mostram como este elemento deve ser empregado corretamente para obtenção de elevada produtividade.

Na cultura do sorgo 70% da absorção do nitrogênio pelas plantas se dá até os sessenta dias após a emergência, sendo que nesta fase a planta já está com metade de seu peso, isto se dá na metade do florescimento (Vanderlip, 2003).

Em estudo realizado por Novais *et al.*, (1974) com parcelamento de nitrogênio em milho, observou-se que o fornecimento deste nutriente durante a fase inicial de desenvolvimento vegetativo, com aplicação de toda a dose no florescimento (65 dias após plantio), assim como excessivos números de aplicações parcelados apresentam menor eficiência do que a aplicação por ocasião do plantio e na fase de desenvolvimento vegetativo.

Para Yamada e Abdalla (2000) sob condições de campo, sabe-se que a recuperação do fertilizante nitrogenado pela cultura raramente é mais que 50%. A velocidade de absorção de nitrogênio na forma de uréia está entre 1 a 36 horas para absorção de 50% da quantidade aplicada (Malavolta, 1996). Yamada (1995) afirma que em milho tanto em experimentos de pesquisa como nas práticas dos agricultores, devido ao temor de perdas por lixiviação, é regra a aplicação de uma pequena dose de N na semeadura reservando-se a maior porção do nitrogênio para aplicação em 1-2 coberturas, após 30-45 dias da emergência das sementes, as vezes mais tarde ainda.

Para Yamada (1995) as curvas de adubação mostram que mesmo nos de híbridos de ciclo longo a fase de maior absorção de nitrogênio ocorre entre 30 e 60 dias após a emergência.

Com a finalidade de verificar a resposta da adubação nitrogenada em sorgo granífero realizou-se um estudo com diferentes fracionamentos e períodos de aplicação onde se procurou ver como isso influencia no desenvolvimento da planta em termos no ciclo, índice de área foliar, produtividade biológica e rendimento de grãos.

Matérias e métodos

Local e análise de solo

O experimento foi conduzido na Área Experimental do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Rurais da Universidade Federal de Santa Maria, no ano agrícola 2001/2002.

A análise química foi realizada pelo Laboratório de Análise de Solos do Departamento de Solos da Universidade Federal de Santa Maria apresentou os seguintes resultados: pH SMP = 6,2; P = 8,8 mg/L; K = 112 mg/L e matéria orgânica = 3,2%.

Instalação e Condução do Experimento

A adubação de base com Fósforo, Potássio e Nitrogênio foi realizada manualmente no sulco na ocasião em que se realizava a semeadura. A data de semeadura foi em 01/11/2001. A fonte de potássio utilizada foi Cloreto de Potássio e a de fósforo o Super Fosfato simples (P_2O_5 - 18%). Aplicou-se conforme Rolas (1995) 20 kg de potássio e 50 kg de fósforo por hectare.

Tratamentos

O experimento foi conduzido no delineamento blocos ao acaso, com três repetições, e foi constituído por 21 tratamentos com nitrogênio.

Tabela 01. Sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio, Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

TRATAMENTOS
Trat.1 - 200 kg N/ha na base;
Trat.2 - 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha aos 20 dias após a emergência;
Trat.3 - 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha aos 44 dias após a emergência;
Trat.4 - 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha aos 55 dias após a emergência;
Trat.5 - 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha aos 66 dias após a emergência;
Trat.6 - 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha aos 74 dias após a emergência;
Trat.7 - 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha aos 20 dias após a emergência;
Trat.8 - 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha aos 44 dias após a emergência;
Trat.9 - 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha aos 55 dias após a emergência;
Trat.10 - 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha aos 66 dias após a emergência;
Trat.11 - 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha aos 74 dias após a emergência;
Trat.12 - 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha aos 20 dias após a emergência;
Trat.13 - 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha aos 44 dias após a emergência;
Trat.14 - 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha aos 55 dias após a emergência;
Trat.15 - 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha aos 66 dias após a emergência;
Trat.16 - 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha aos 74 dias após a emergência;
Trat.17 - 200 kg N/ha aos 20 dias após a emergência;
Trat.18 - 200 kg N/ha aos 44 dias após a emergência;
Trat.19 - 200 kg N/ha aos 55 dias após a emergência;
Trat.20 - 200 kg N/ha aos 66 dias após a emergência;
Trat.21 - 200 kg N/ha aos 74 dias após a emergência.

As parcelas constituíram-se de quatro linhas de 12 metros de comprimento, espaçadas de 0,70 m entre si, com dimensões de 12,0 x 2,8 m, sendo a área útil, para avaliar a produtividade de grãos e seus componentes, de 5,6 m². As amostragens que envolveram coleta de plantas foram obtidas também nas duas linhas centrais, porém fora da área destinada a determinação da produção de grãos.

A fonte de nitrogênio utilizada foi a uréia. Por se tratar de diferentes tratamentos com nitrogênio na base e em cobertura, a aplicação foi realizada manualmente. A aplicação de base foi feita na linha, tão logo era concluída a semeadura. A uréia aplicada na base foi incorporada com irrigação. A aplicação de nitrogênio em cobertura foi na fileira, junto às plantas, e a uréia foi incorporada manualmente com o auxílio de enxada.

A cultivar de sorgo granífero semeada foi a BRS 305. Foi feita esta escolha pelo fato de ser um material com boa presença de tanino (anti-passaro) e também por ter apresentado

uma boa produtividade média (6.020 kg/ha) no Ensaio Sul-Riograndense de Sorgo Granífero 1999/2000 conduzido pela Embrapa Clima Temperado (Raupp *et al.*, 2000). Cabe ressaltar ainda que esta cultivar é indicada exclusivamente para o estado do Rio Grande do Sul.

O desbaste foi realizado quando as plantas tinham altura média de aproximadamente 15 cm (três folhas), e neste caso foi ajustado 10 plantas por metro linear de modo obter uma população de 171.428 plantas/ha..

Variáveis Observadas

As variáveis analisadas forma: ciclo, índice de área foliar (IAF), produtividade biológica (PB), quantificações de nitrogênio na planta e rendimento de grãos.

As determinações amostrais de índice de área foliar, matéria seca foram feitas iniciando aos trinta dias após a emergência das plantas, num intervalo de cada sete dias durante 10 semanas consecutivas.

Para quantificar a presença de N na planta foi empregada a metodologia descrita por Justes *et al.*, (1994). Por se tratar de uma metodologia simples e rápida, a mesma foi empregada durante um período amostral de dez semanas durante o ciclo vegetativo (da 6ª a 14ª semana após a emergência das plantas). Nesse caso a percentagem de nitrogênio na parte aérea das plantas foram obtidas pela expressão determinada por Justes *et al.*, (1994): $N\% = a(w)^{-b}$; onde o valor do coeficiente "a" e "b" para sorgo foram determinados por Plénet e Cruz (1996) citado por Lemaire *et al.*, (1997) é 3,9 e 0,39; W é a matéria seca acumulada. O acúmulo de nitrogênio em kg/ha em relação ao acúmulo de matéria seca foi obtido pela expressão de Justes *et al.*, (1994): $N^{upl} = 10 \cdot a(w)^{1-b}$; onde a unidade é kg N/ha.

Os valores de matéria seca foram obtidos através do seguinte procedimento: Trinta dias após a emergência das plantas, num intervalo de cada sete dias durante 10 semanas consecutivas, foram cortadas rente ao solo, cinco plantas de fora da área destinada a rendimento de grãos. Após terem sido cortadas, as plantas foram acondicionadas e etiquetadas em sacos de papel, sendo posteriormente levada até estufa à 72° C, permanecendo até o peso constante, a seguir essas plantas já secas eram trituradas em moinho e posteriormente pesadas.

Análise Estatística

Os dados de rendimento de grãos foram submetidos a análise da variância, pelo teste F em nível de 5% de probabilidade de erro. As médias dos tratamentos foram comparadas através do teste de Scott-Knott.

Duração do ciclo, índice de área foliar, produtividade biológica e quantificações de N na parte aérea foram descritos através de figuras gráficas com ajustes de equações, onde no

eixo “X” foram colocadas as semanas (intervalo de tempo) nas quais foram feitas as avaliações e no eixo “Y” o valor médio da amostragem do parâmetro avaliado.

Resultados e Discussão

Duração do Ciclo

Pelos resultados obtidos e apresentados Tabela 2 observa-se que os tratamentos que receberam 150 e 200 kg N/ha em cobertura aos 55, 66 e 74 dias após a emergência das plantas de sorgo apresentaram uma semana a mais de duração dos períodos de emergência-formação da panícula, emergência-florescimento e emergência-maturação fisiológica resultando numa maior duração de ciclo nas plantas.

Tabela 02. Média em dias dos subperíodos emergência-formação da panícula (E-P), emergência-florescimento (E-F), emergência-maturação fisiológica (E-MF) em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio em cinco épocas de aplicação, Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

Matogrosso - Em cinco épocas de aplicação, Santa Maria, RS, CEN/CI-SM, 2001/02.					
Adubação Nitrogenada (kg/ha)		Época de Aplicação	Ciclo (dias)		
BASE	COBERTURA		E-P	E-F	E-MF
200	0	0dae*	60	68	108
150	50	20dae	60	68	108
150	50	44dae	60	68	108
150	50	55dae	60	68	108
150	50	66dae	60	68	108
150	50	74dae	60	68	108
100	100	20dae	60	68	108
100	100	44dae	60	68	108
100	100	55dae	60	68	108
100	100	66dae	60	68	108
100	100	74dae	60	68	108
50	150	20dae	60	68	108
50	150	44dae	60	68	108
50	150	55dae	68	75	117
50	150	66dae	68	75	117
50	150	74dae	68	75	117
0	200	20dae	60	68	108
0	200	44dae	60	68	108
0	200	55dae	68	75	117
0	200	66dae	68	75	117
0	200	74dae	68	75	117

*dae=dias após a emergência.

Esses resultados obtidos no presente estudo confirmam observações feitas por Vanderlip (2003), onde as plantas aos 60 dias após a emergência apresentam 50% do florescimento onde 70% do N já teria sido absorvido. Os resultados mostram que plantas bem nutridas com N desde o início apresentarão menor duração de ciclo, já as aplicações mais tardias provocam um certo atraso nos estádios fenológicos dos períodos vegetativo e

reprodutivo. Estes resultados concordam com os resultados obtidos em milho por Uhart e Andrade (1995 a,b) que observaram atraso nos estágios quando havia deficiência de N.

Índice de Área Foliar (IAF)

O IAF é a área foliar por unidade de área de terreno (Watson, 1952) e representa a capacidade ou a velocidade com que as partes aéreas do vegetal (área foliar) ocupam a área de solo, ou de água, disponível aquele vegetal. Numa cultura, o IAF depende da área foliar por planta e do número de plantas por unidade de área, sendo importante para a produtividade biológica da cultura.

As melhores respostas de IAF foram com aplicações feitas com todo o nitrogênio na base e aos vinte dias (Tabela 3 e Figuras 1A, 1B, 1C, 1D e 1E). Aplicações feitas a partir dos quarenta e quatro dias deram melhores resultados quando havia sido aplicado 100 kg N/ha na base. Embora a análise do solo tenha acusado 3,2% de matéria orgânica, o que segundo Mengel (1996) apud Yamada (1996) corresponde aproximadamente 64 kg N/ha. Esta quantidade não influenciou nos resultados obtidos nos IAF dos diferentes tratamentos, pois uma vez que somado com 50 kg N/ha aplicado daria 114 kg N/ha, sendo que esta resposta não foi verificada nos tratamentos 50 kg de N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura e 0 kg N/ha na base e 200 kg N/ha em cobertura a partir dos quarenta e quatro dias após a emergência das plantas.

Os resultados obtidos mostram picos máximos de IAF aparecem sempre na oitava semana (um pouco antes do florescimento) independente do tratamento empregado. Para Pereira e Machado (1987) quanto mais rápido a cultura atingir o máximo IAF e quanto mais tempo à área foliar permanecer ativa, maior será a produtividade. Com exceção dos tratamentos com 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura e 0 kg N/ha na base e 200 kg N/ha em cobertura a partir dos quarenta e quatro dias após a emergência das plantas, todos os demais tratamentos atingiram valores IAF 5, que é o valor estabelecido como máximo para as culturas do milho e sorgo (Functional Group Editor, 2003). Essas aplicações tardias podem ser prejudiciais, pois haverá redução de área para interceptação da radiação e com isto fará com que a planta disponha de menos fotoassimilados para o enchimento de grãos.

Com IAF de aproximadamente 3, em torno de 90 % da radiação fotossinteticamente ativa é absorvida pelas dossel segundo Marcelis *et al.*, (1998). Isto se confirmou em praticamente todos os tratamentos com exceção das épocas de aplicação aos 55, 66 e 74 dias do tratamento com 0 kg N/ha na base e 200 kg N/ha em cobertura que não atingiu este valor de IAF. Como de maneira geral obteve-se um IAF médio de 2,5 no período de enchimento de grãos, pode-se dizer com isto que 75% da radiação foi absorvida pelas folhas do dossel e 25%

pelas folhas do interior incluindo as folhas da base das plantas. Para Benincasa (1986), o IAF 1 permite que 50% da radiação chegue no solo sobre o dossel e IAF 3 permite que 15% da radiação alcance. Os tratamentos com 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura e 0 kg N/ha na base e 200 kg N/ha em cobertura a partir dos quarenta e quatro dias após a emergência das plantas, apresentaram IAF entre 1 e 3,5 proporcionando desta maneira um que uma maior percentagem de radiação chegue no solo sobre o dossel quando comparado com os demais tratamentos.

Tabela 03. Índice de Área Foliar obtida em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio em cinco épocas de aplicação, CCR/UFSM. Santa Maria. RS, 2001/2002.

EQUAÇÕES AJUSTADAS	
200 kg N/ha na base e 0 kg N/ha em cobertura	
0 dae	$Y = -0,1214X^2 + 1,2008X + 1,3435$, com $R^2 = 0,59$
150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha em cobertura	
20 dae	$Y = -0,1151X^2 + 1,1463X + 1,1899$, com $R^2 = 0,57$
44 dae	$Y = -0,121X^2 + 1,2264X + 1,016$, com $R^2 = 0,57$
55 dae	$Y = -0,1125X^2 + 1,1614X + 1,0796$, com $R^2 = 0,61$
66 dae	$Y = -0,0989X^2 + 0,9871X + 1,4766$, com $R^2 = 0,51$
74 dae	$Y = -0,0916X^2 + 0,9304X + 1,1851$, com $R^2 = 0,56$
100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha em cobertura	
20 dae	$Y = -0,1167X^2 + 1,1825X + 1,1673$, com $R^2 = 0,51$
44 dae	$Y = -0,0977X^2 + 0,9991X + 1,1045$ com $R^2 = 0,55$
55 dae	$Y = -0,0895X^2 + 0,8918X + 1,5217$ com $R^2 = 0,49$
66 dae	$Y = -0,0876X^2 + 0,8757X + 1,6305$ com $R^2 = 0,46$
74 dae	$Y = -0,0702X^2 + 0,6279X + 1,7746$ com $R^2 = 0,46$
50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura	
20 dae	$Y = -0,1103X^2 + 1,0666X + 1,7004$ com $R^2 = 0,47$
44 dae	$Y = -0,1007X^2 + 1,0214X + 1,2892$ com $R^2 = 0,51$
55 dae	$Y = -0,084X^2 + 0,7887X + 1,6471$ com $R^2 = 0,58$
66 dae	$Y = -0,0497X^2 + 0,4656X + 1,6798$ com $R^2 = 0,38$
74 dae	$Y = -0,0664X^2 + 0,6313X + 1,3385$ com $R^2 = 0,47$
0 kg N/ha na base e 200 kg N/ha em cobertura	
20 dae	$Y = -0,0998X^2 + 1,0632X + 1,2101$ com $R^2 = 0,33$
44 dae	$Y = -0,1057X^2 + 1,3023X - 0,3755$ com $R^2 = 0,78$
55 dae	$Y = -0,0484X^2 + 0,63X + 0,4223$ com $R^2 = 0,81$
66 dae	$Y = -0,0167X^2 + 0,2473X + 0,9679$ com $R^2 = 0,35$
74 dae	$Y = -0,0174X^2 + 0,2349X + 0,8385$ com $R^2 = 0,21$

Onde: Y= Quantidade de N na parte aérea

X= semana após a emergência das plantas.

dae= dias após a emergência

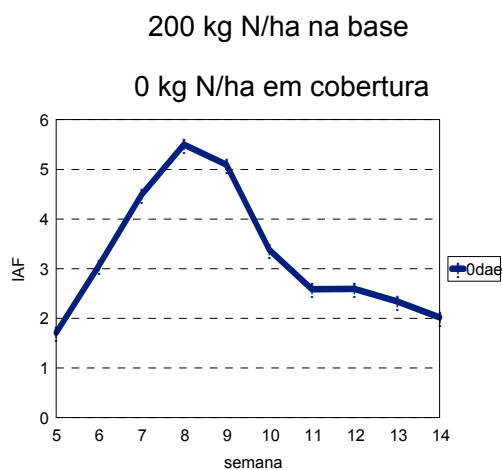


Figura 1A

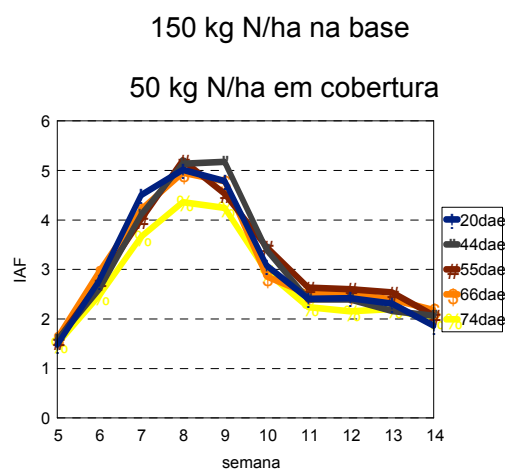


Figura 1B

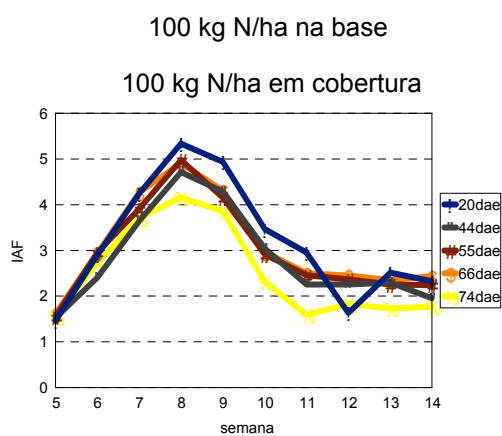


Figura 1C

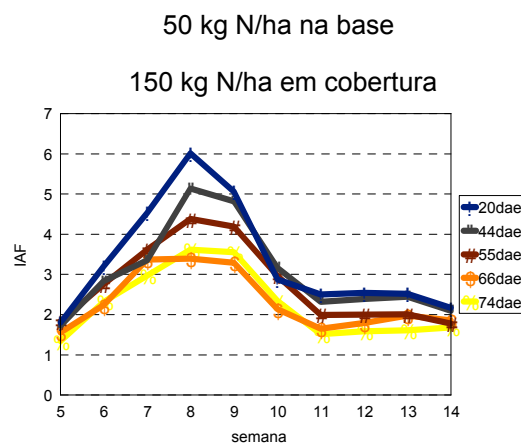


Figura 1D

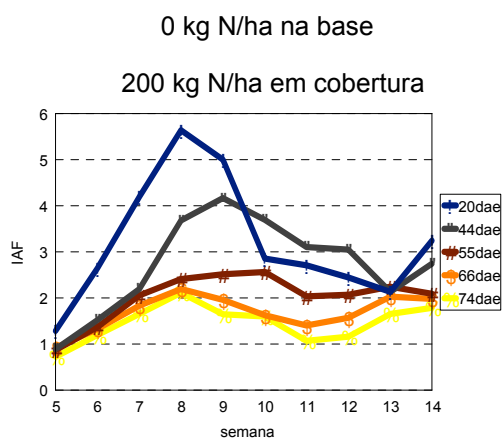


Figura 1E

Produtividade Biológica (PB)

Produtividade biológica ou produtividade de matéria seca é a matéria seca total da planta acumulada por unidade de terreno.

Os resultados (Tabela 4 e Figuras 2A, 2B, 2C, 2D e 2E) mostraram que as aplicações feitas com 200 kg N/ha na base e 0 kg N/ha em cobertura, 150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha em cobertura, 100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha em cobertura apresentaram um valor de MS praticamente uniforme para as épocas de aplicação aos 20, 44, 55, 66 e 74 dias após a emergência das plantas. O tratamento com 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura apresentou um maior valor de MS para as épocas de aplicação aos 20, 44 e 55 dias. Com relação ao tratamento com 0 kg N/ha na base e 200 kg N/ha em cobertura as melhores respostas foram aos 20 e 44 dias. A aplicação aos 55 dias mostrou um valor intermediário dentro deste tratamento e as aplicações feitas aos 66 e 74 dias mostraram um valor correspondente a metade daquelas aplicações realizadas aos 20 e 44 dias. Como já citado para a variável anterior, IAF a análise do solo com 3,2% (64 kg N/ha), de matéria orgânica parece ter contribuído muito pouco para a influenciar os resultados de produtividade biológica.

Para Lopes e Maestri (1973) a medida que aumenta o IAF, a absorção de luz e a taxa de produção de matéria seca também aumentam. Isto pode ser constatado no presente experimento com exceção das aplicações realizadas aos 66 e 74 dias do tratamento com 0 kg N/ha na base e 200 kg N/ha em cobertura. Isto mostra que aplicações tardias proporcionam menores acúmulos de matéria seca mesmo em níveis razoáveis de teor de matéria orgânica no solo, como nas situações onde foram desenvolvidas este estudo. Como o IAF afeta diretamente a fotossíntese que é o processo responsável pelo fornecimento de energia necessária ao crescimento, o nitrogênio desempenha um papel fundamental para isto. Os resultados obtidos confirmam os trabalhos de Muchow e Davis (1988) e Andrade *et al.*, (1993) de que plantas bem nutridas com nitrogênio interceptam uma maior quantidade de radiação, devido ao índice de área foliar e duração da área foliar traduzido-se numa maior produção de biomassa.

Os maiores valores de matéria seca ocorreram na décima segunda e na décima quarta semanas (dentro do período reprodutivo), onde valores variaram de 1.440 a 1.500 gramas exceto para as aplicações aos 55, 66 e 74 dias do tratamento com 0 kg N/ha na base e 200 kg N/ha em cobertura (Figuras 2A, 2B, 2C, 2D e 2E). Ao usar o valor de conversão da energia em biomassa para milho e sorgo de 1,75 kilojoule por grama (Functional Group Editor, 2003) teremos de 2.450 a 2.625 kilojoule de energia convertida nessa biomassa.

Tabela 04. Matéria Seca obtida em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio em cinco épocas de aplicação, CCR/UFSM. Santa Maria.RS, 2001/2002.

EQUAÇÕES AJUSTADAS	
200 kg N/ha na base e 0 kg N/ha em cobertura	
0 dae $Y = -12,659X^2 + 305,35X - 144,57$, com $R^2 = 0,96$.	
150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha em cobertura	
20 dae $Y = -15,396X^2 + 297,54X - 111,95$, com $R^2 = 0,96$	
44 dae $Y = -7,072X^2 + 228,84X - 15,757$, com $R^2 = 0,98$	
55 dae $Y = -7,0244X^2 + 234,98X - 32,926$, com $R^2 = 0,97$	
66 dae $Y = -10,308X^2 + 286,75X - 123,87$, com $R^2 = 0,98$	
74 dae $Y = -9,2126X^2 + 268,2X - 134,75$, com $R^2 = 0,97$	
100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha em cobertura	
20 dae $Y = -12,24X^2 + 282,61X - 135,85$, com $R^2 = 0,95$	
44 dae $Y = -6,2146X^2 + 234,59X - 16,292$ com $R^2 = 0,96$	
55 dae $Y = -15,223X^2 + 309,29X - 142,06$ com $R^2 = 0,92$	
66 dae $Y = -11,888X^2 + 302,19X - 129,67$ com $R^2 = 0,93$	
74 dae $Y = -8,7698X^2 + 252,51X - 70,219$ com $R^2 = 0,88$	
50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura	
20 dae $Y = -11,667X^2 + 266,84X - 38,599$ com $R^2 = 0,90$	
44 dae $Y = -4,7422X^2 + 202,18X + 10,385$ com $R^2 = 0,96$	
55 dae $Y = -10,762X^2 + 255,02X - 67,932$ com $R^2 = 0,97$	
66 dae $Y = -15,32X^2 + 283,39X - 131,43$ com $R^2 = 0,91$	
74 dae $Y = -12,364X^2 + 271,54X - 106,23$ com $R^2 = 0,94$.	
0 kg N/ha na base e 200 kg N/ha em cobertura	
20 dae $Y = -13,057X^2 + 294,17X - 191,98$ com $R^2 = 0,93$	
44 dae $Y = -1,2714X^2 + 137,18X - 122,54$ com $R^2 = 0,92$	
55 dae $Y = -1,6016X^2 + 123,01X - 70,681$ com $R^2 = 0,86$	
66 dae $Y = 4,0283X^2 + 35,096X + 62,337$ com $R^2 = 0,78$	
74 dae $Y = -1,9705X^2 + 84,662X - 27,344$ com $R^2 = 0,64$	

Onde: Y= Quantidade de N na parte aérea

X= semana após a emergência das plantas.

dae = dias após a emergência

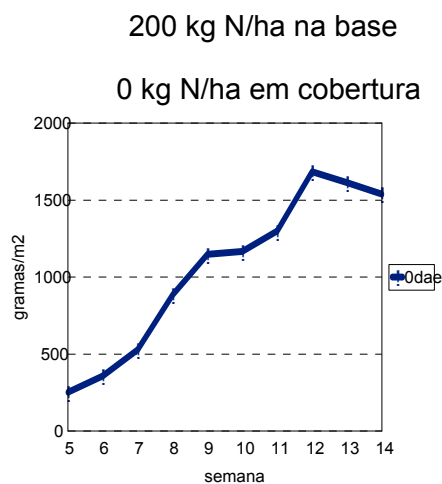


Figura 2A

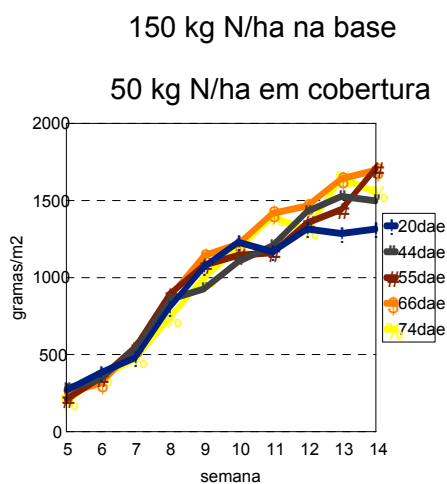


Figura 2B

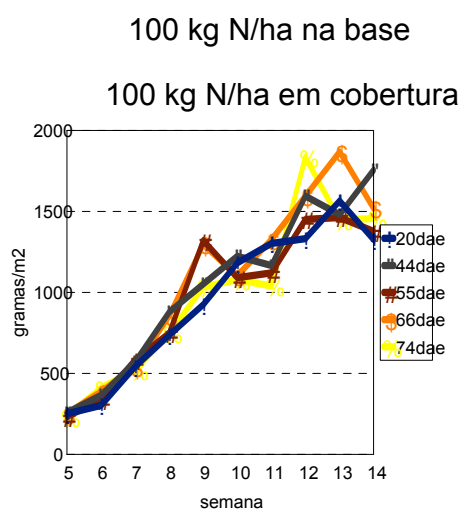


Figura 2C

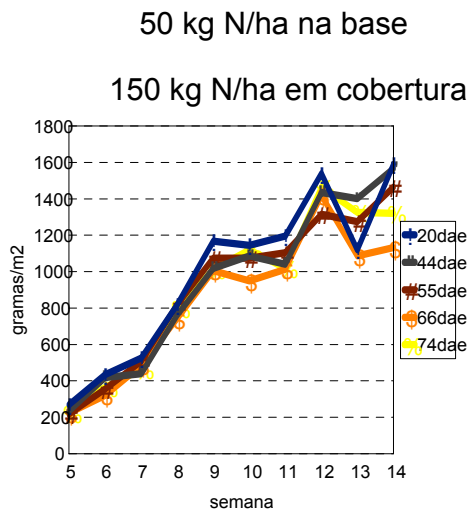


Figura 2D

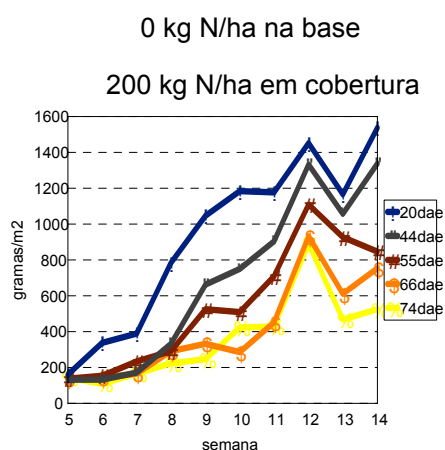


Figura 2E

Nitrogênio na parte aérea das plantas

Pelas Figuras 3A, 3B, 3C, 3D e 3E observa-se que os tratamentos com 200 kg N/ha na base e 0kg N/ha em cobertura, 150 kg N/ha na base e 50kg N/ha em cobertura, 100 kg N/ha na base e 100kg N/ha em cobertura, 50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura,

apresentam no final da décima quarta semana aproximadamente 200 kg N/ha na parte aérea das plantas. Parte desta quantidade também é devido aos 3,2% da matéria orgânica do solo, o que corresponde 66 kg N/ha. No tratamento 0 kg N/ha na base e 200 kg N/ha em cobertura, somente as aplicações aos 20 e 44 dias atingiram 200 kg N/ha.

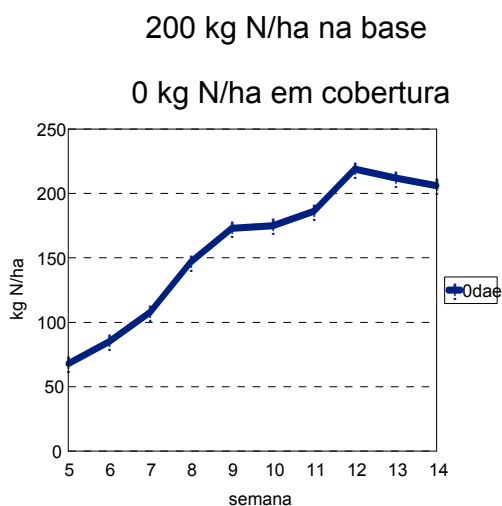


Figura 3A

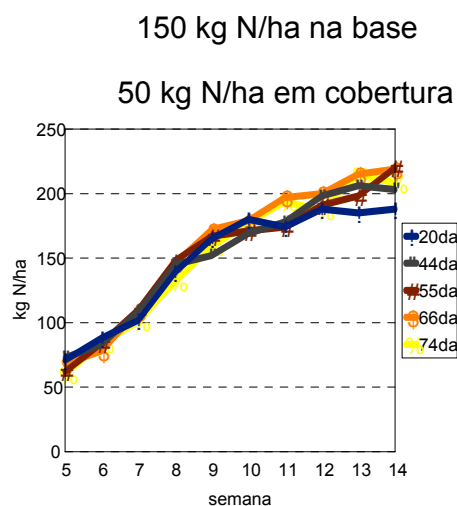


Figura 3B

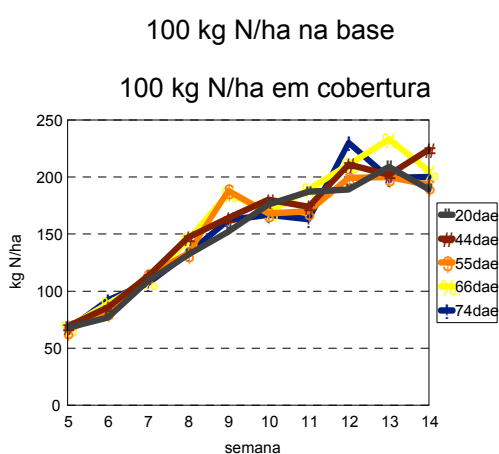


Figura 3C

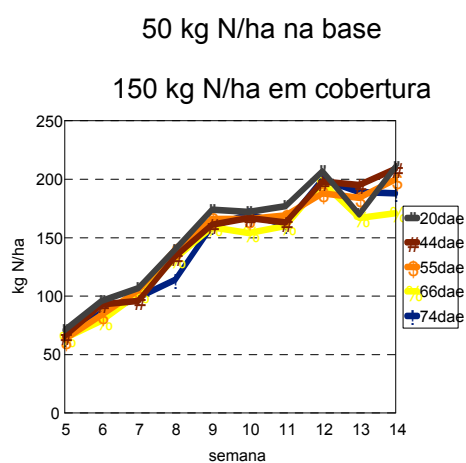


Figura 3D

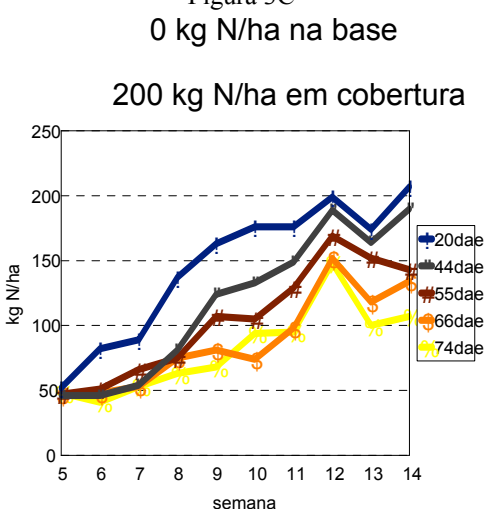


Figura 3E

Nos tratamentos onde o nitrogênio foi aplicado mais cedo, aproximadamente 50% do N aplicado foi absorvido até a sétima semana (uma semana antes do florescimento). Entre a oitava e a nona semana 70% do N já se encontrava absorvido pela planta. Estes resultados concordam com os de Vanderlip (2003) que comenta que aos sessenta dias 70% do N é absorvido pelas plantas de sorgo. As aplicações mais tardias mostram que a planta tem dificuldades para absorver o N, e isto foi constatado por Mengel e Barber (1974) que observaram que absorção de nitrogênio em milho aos 20 dias atingia velocidade máxima ao passo que aos setenta dias atingia apenas 0,5% do atingido aos 20 dias.

Tabela 05. Valores de equações ajustadas para quantidade de N na parte aérea (kg N/ha) determinadas pelo Método Justes obtida em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio em cinco épocas de aplicação, CCR/UFMS. Santa Maria.RS, 2001/2002.

EQUAÇÕES AJUSTADAS	
200 kg N/ha na base e 0 kg N/ha em cobertura	
0 dae	$Y = -1,8182X^2 + 37X + 24,4$, com $R^2 = 0,97$
150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha em cobertura	
20 dae	$Y = -1,928X^2 + 35,039X + 29,517$, com $R^2 = 0,97$
44 dae	$Y = -1,2348X^2 + 29,292X + 38,033$, com $R^2 = 0,98$
55 dae	$Y = -1,375X^2 + 31,531X + 32,017$ com $R^2 = 0,97$
66 dae	$Y = -1,6439X^2 + 35,859X + 24,367$ com $R^2 = 0,98$
74 dae	$Y = -1,5303X^2 + 34,306X + 21,933$ com $R^2 = 0,98$
100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha em cobertura	
20 dae	$Y = -1,7159X^2 + 34,645X + 24,317$, com $R^2 = 0,97$
44 dae	$Y = -1,246 X^2 + 30,642X + 36,45$ com $R^2 = 0,97$
55 dae	$Y = -2X^2 + 37,061X + 24,467$ com $R^2 = 0,94$
66 dae	$Y = -1,7424X^2 + 36,536X + 26,533$ com $R^2 = 0,95$
74 dae	$Y = -1,375X^2 + 31,277X + 32,817$ com $R^2 = 0,92$
50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura	
20 dae	$Y = -1,6098X^2 + 32,175X + 37,517$ com $R^2 = 0,92$
44 dae	$Y = -1,0265X^2 + 27,073X + 38,817$ com $R^2 = 0,97$
55 dae	$Y = -1,6439X^2 + 32,841X + 29,167$ com $R^2 = 0,97$
66 dae	$Y = -1,9886X^2 + 34,802X + 23,65$ com $R^2 = 0,94$
74 dae	$Y = -1,447X^2 + 31,026X + 28,167$ com $R^2 = 0,95$
0 kg N/ha na base e 200 kg N/ha em cobertura	
20 dae	$Y = -1,9583X^2 + 38,02X + 11,783$ com $R^2 = 0,95$
44 dae	$Y = -0,4735X^2 + 23,451X + 6,85$ com $R^2 = 0,94$
55 dae	$Y = -0,5644X^2 + 19,82X + 17,117$ com $R^2 = 0,91$
66 dae	$Y = 0,2803X^2 + 8,0076X + 33,167$ com $R^2 = 0,84$
74 dae	$Y = -0,4205X^2 + 13,964X + 21,083$ com $R^2 = 0,74$

Onde: Y= Quantidade de N na parte aérea

X= semana após a emergência das plantas.

dae= dias após a emergência

Porcentagem de nitrogênio na parte aérea das plantas

Através das Figuras 4A, 4B, 4C, 4D e 4E, observa-se que a medida que as plantas vão crescendo vai diminuindo a porcentagem de nitrogênio no interior das plantas. Na entrada do florescimento (período reprodutivo) começa a estabilizar o decréscimo na porcentagem do nitrogênio ficando em torno de 1,5%. No tratamento com 0 kg N/ha na base e 200 kg N/ha em

cobertura por se tratar de uma aplicação mais tardia ocorre certo retardamento de estágio fenológico fazendo que a planta apresente menor velocidade de crescimento e conseqüentemente ocorre menor queda na percentagem de nitrogênio, principalmente nas épocas de aplicação aos 66 e 74 dias.

Observa-se (Figuras 4A, 4B, 4C, 4D e 4E) que quanto mais tarde se aplica menor vai ser o aproveitamento pelas plantas e maior vai ser as perdas de N. As aplicações mais tardias mostram que a planta tem dificuldades para absorver o N, e isto foi constatado por Mengel e Barber (1974) que observaram que absorção de nitrogênio em milho aos 20 dias atingia velocidade máxima ao passo que aos setenta dias atingia apenas 0,5% do atingido aos 20 dias. Para Vanderlip (2003) 70% do N que a planta necessita é absorvido até a metade do florescimento. Os resultados das aplicações tardias do presente trabalho mostram que doses elevadas de N apresentam perdas que ultrapassam a 50% do N aplicado. Com exceção das épocas de aplicação aos 66 e 74 dias do tratamento com 0 kg N/ha na base e 200 kg N/ha em cobertura, em todos os demais tratamentos houve um acúmulo final de mais de 100 kg N/ha, sendo que parte desta quantidade também é devido aos 3,2% da matéria orgânica do solo, o que corresponde 66 kg N/ha. Estes resultados obtidos concordam com Yamada e Abdalla (2000) que afirmam que em condições de campo a recuperação de nitrogênio pelas culturas raramente é maior que 50%.

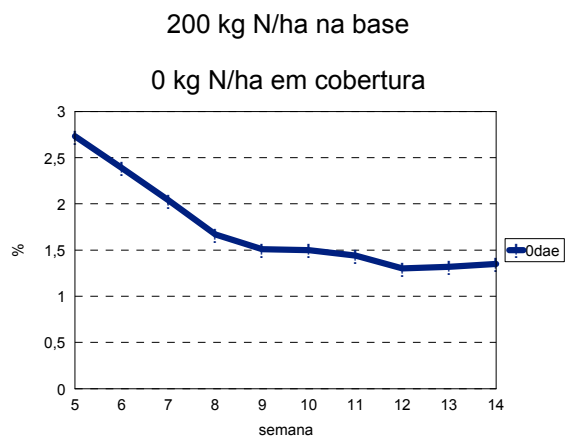


Figura 4A

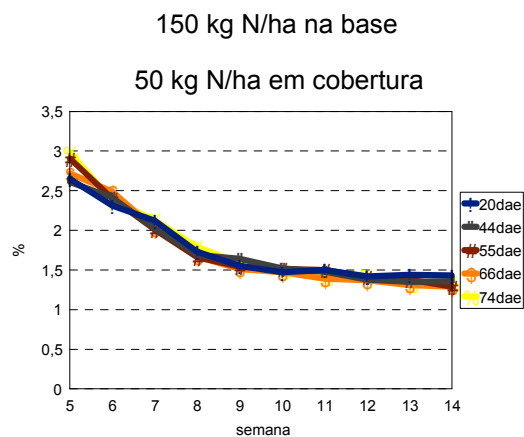


Figura 4B

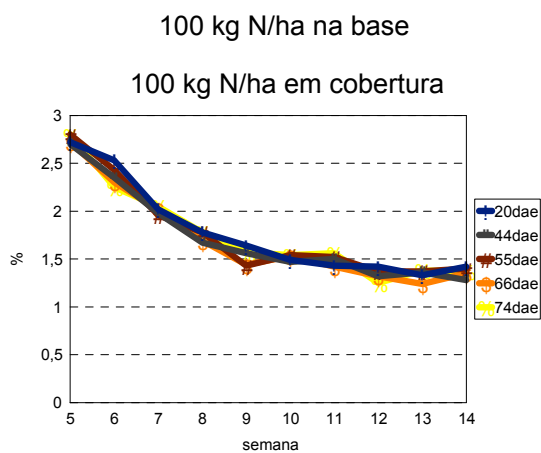


Figura 4C

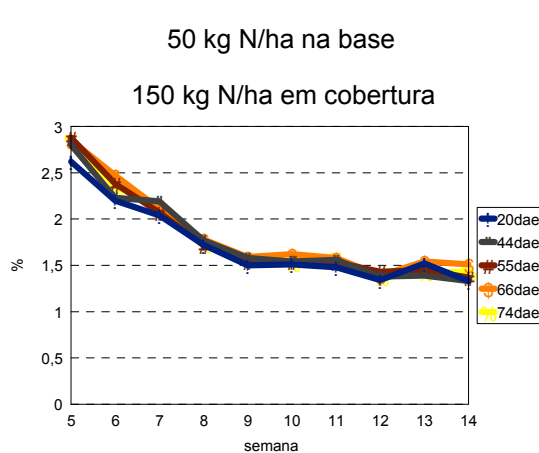


Figura 4D

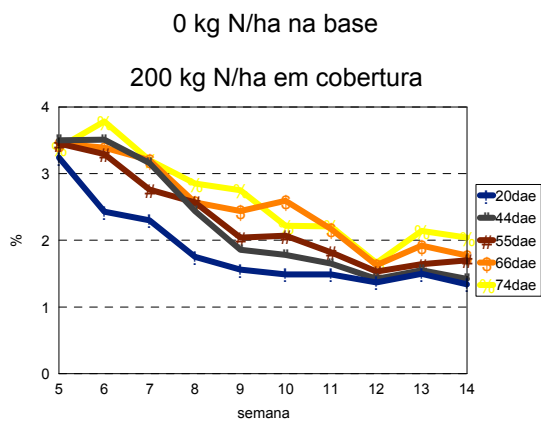


Figura 4E

Tabela 06. Percentagem de N na parte aérea pelo Método Justes obtida em 10 semanas consecutivas após a emergência das plantas em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio em cinco épocas de aplicação, CCR/UFSM. Santa Maria, RS, 2001/2002.

EQUAÇÕES AJUSTADAS	
200 kg N/ha na base e 0 kg N/ha em cobertura	
0 dae $Y = 0,0272X^2 - 0,4469X + 3,1345$, com $R^2 = 0,98$.	
150 kg N/ha na base e 50 kg N/ha em cobertura	
20 dae $Y = 0,0253X^2 - 0,4072X + 3,0292$, com $R^2 = 0,98$	
44 dae $Y = 0,0219X^2 - 0,3783X + 2,9825$, com $R^2 = 0,98$	
55 dae $Y = 0,029X^2 - 0,4721X + 3,2403$ com $R^2 = 0,96$	
66 dae $Y = 0,0272X^2 - 0,4518X + 3,1635$ com $R^2 = 0,98$	
74 dae $Y = 0,0297X^2 - 0,4908X + 3,3388$ com $R^2 = 0,98$	
100 kg N/ha na base e 100 kg N/ha em cobertura	
20 dae $Y = 0,0264X^2 - 0,4377X + 3,1688$, com $R^2 = 0,98$	
44 dae $Y = 0,0241X^2 - 0,4085X + 3,0368$ com $R^2 = 0,98$	
55 dae $Y = 0,0291X^2 - 0,4637X + 3,1888$ com $R^2 = 0,96$	
66 dae $Y = 0,0263X^2 - 0,4349X + 3,0812$ com $R^2 = 0,98$	
74 dae $Y = 0,0247X^2 - 0,415X + 3,0867$ com $R^2 = 0,97$	
50 kg N/ha na base e 150 kg N/ha em cobertura	
20 dae $Y = 0,0232X^2 - 0,3797X + 2,922$ com $R^2 = 0,96$	
44 dae $Y = 0,0227X^2 - 0,3936X + 3,0697$ com $R^2 = 0,96$	
55 dae $Y = 0,0288X^2 - 0,4609X + 3,2192$ com $R^2 = 0,97$	
66 dae $Y = 0,0294X^2 - 0,4612X + 3,2487$ com $R^2 = 0,97$	
74 dae $Y = 0,0279X^2 - 0,4507X + 3,2022$ com $R^2 = 0,97$	
0 kg N/ha na base e 200 kg N/ha em cobertura	
20 dae $Y = 0,0369X^2 - 0,5827X + 3,6298$ com $R^2 = 0,96$	
44 dae $Y = 0,0312X^2 - 0,6071X + 4,3678$ com $R^2 = 0,95$	
55 dae $Y = 0,026X^2 - 0,502X + 4,0477$ com $R^2 = 0,97$	
66 dae $Y = 0,0105X^2 - 0,3234X + 3,8875$ com $R^2 = 0,92$	
74 dae $Y = 0,017X^2 - 0,3922X + 4,125$ com $R^2 = 0,87$	

Onde: Y= Quantidade de N na parte aérea

X= semana após a emergência das plantas.

dae= dias após a emergência

Rendimento de grãos

A Tabela 7 mostra que a média de rendimento de grãos foi 5.190 kg/ha. Este valor está de acordo com o obtido por Raupp *et al.*, (1999) e Montagner (2003) em experimentos conduzidos com a cultivar BRS 305. Pela aplicação do teste de Scott-Knott observa-se através da Tabela 7 que houve diferença significativa dos tratamentos T21, T20 T16, T15, T12, T9, T8, T3 e T2 em relação aos demais tratamentos estudados. Verifica-se pela Tabela 7, que os tratamentos com 50 kg N/ha na base mais 150 em cobertura aos 66 e 74 dias (T15 e T16) e 200 kg N/ha em cobertura aos 66 e 74 dias (T20 e T21) apresentaram os mais baixos valores de rendimento de grãos.

As aplicações aos 66 e 74 dias coincidiram com o final do subperíodo de diferenciação dos primórdios florais-florescimento e o início do subperíodo florescimento-polinização, que são considerados períodos críticos para o sorgo, onde não pode haver deficiências nutricionais, para não causar prejuízos no rendimento (Figuras 1A, 1B, 1C, 1D e 1E). Como houve forte estiagem e foi empregada semeadura direta, deve ter ocorrido pouca mineralização da matéria orgânica, liberando assim pouco nitrogênio. Como a adição de

nitrogênio estimula a proliferação de pêlos absorventes e ramificações diferenciadas no sistema radicular, com pouco N, é de se esperar que o sistema radicular desenvolva menos. Com menor sistema radicular as plantas vão ser menos funcionais na absorção de água e nutrientes, e isto vai prejudicar o desenvolvimento da parte aérea. Com área foliar reduzida, a planta vai interceptar menor quantidade de radiação solar. Esta menor área foliar resultou em menor produção de fotoassimilados para o enchimento de grãos.

A falta de nitrogênio no início de desenvolvimento das plantas também pode ter afetado a absorção de fósforo. Segundo Lopes (1998) quando aplicado com o nitrogênio, o fósforo se torna mais disponível para as plantas do que quando aplicado sem nitrogênio. Para este autor a influência do N na absorção do fósforo é muito clara durante a fase inicial do crescimento, pois até 65% do fósforo contido no fertilizante é absorvido neste período.

Tabela 07. Médias de rendimento de grãos (kg/ha) em sorgo granífero submetido a 21 tratamentos com nitrogênio em cinco épocas de aplicação, Santa Maria, RS, CCR/UFSM, 2001/02.

	Adubação Nitrogenada (kg/ha)		Rendimento (kg/ha)	
	BASE	COBERTURA	APLICAÇÃO	
T10	100	100	66dae	6596,33a
T19	0	200	55dae	6272,33a
T6	150	50	74dae	6145,00a
T7	100	100	20dae	6019,00a
T17	0	200	20dae	6018,66a
T18	0	200	44dae	5979,66a
T13	50	150	44dae	5628,00a
T5	150	50	66dae	5523,33a
T14	50	150	55dae	5411,00a
T1	200	0	0dae	5383,33a
T11	100	100	74dae	5311,66a
T4	150	50	55dae	5125,33a
T3	150	50	44dae	5022,33b
T9	100	100	55dae	4943,33b
T2	150	50	20dae	4800,66b
T8	100	100	44dae	4688,33b
T12	50	150	20dae	4580,00b
T20	0	200	66dae	4353,66b
T16	50	150	74dae	3953,00b
T15	50	150	66dae	3852,66b
T21	0	200	74dae	3402,38b
Média				5190,95
C.V (%)				19,38

*Médias ligadas por mesma letra não diferem pelo teste de Scott-Knott (5%).

*dae = dias após a emergência

Nos tratamentos onde o N foi aplicado mais cedo (Figuras 4A, 4B, 4C, 4D e 4E) aproximadamente 50% do N aplicado foi absorvido até a sétima semana (uma semana antes

do florescimento). Entre a oitava e a nona semana, 70% do N já se encontrava absorvido pela planta. As aplicações tardias mostram que a planta de sorgo tem mais dificuldades para absorver o N ao passo que no início do desenvolvimento há uma maior facilidade. Dentro deste contexto, as observações feitas em milho por Mengel e Barber (1974) também podem ser aplicáveis para o sorgo, pois esses autores comprovaram que aos 20 dias, esta cultura atingia velocidade máxima de absorção de nitrogênio por unidade de comprimento de raiz, ao passo que aos setenta dias atingia apenas 0,5% do atingido aos 20 dias.

Conclusão

Nos tratamentos onde o nitrogênio foi aplicado mais cedo, aproximadamente 70% do N foi absorvido pelas plantas entre a oitava e a nona semana.. Em aplicações tardias aos 66 e 74 dias com mais de 150 kg de N em cobertura verificou-se maior duração de ciclo, menor área foliar, menor produtividade biológica e conseqüentemente rendimento de grãos.

As aplicações aos 66 e 74 dias coincidiram com o final do subperíodo de diferenciação dos primórdios florais-florescimento e o início do subperíodo florescimento-polinização, que são considerados períodos críticos para o sorgo, onde não pode haver deficiências nutricionais, para não causar prejuízos no rendimento.

Referências

ANDRADE, F. H.; UHART, S.A.; FRUGONE, M. Intercepted Radiation and Kernel Number in Maize: Shade Versus Plant Density Effects. **Crop Science**, Madison, v.33, p.482-485, 1993.

BENINCASA, M. M. P. **Análise de Crescimento das Plantas. Noções Básicas**. Jaboticabal. FUNEP. 42 p. 1989.

FUNCTIONAL GROUP EDITOR. Disponível em:
<<http://cnrit.tamu.edu/rsg/phygrows/pc/fgedit.html>>. Acesso em: 23 set. 2003.

JUSTES, E.; MARY. B.; MEYNARD, J.M.; MACHET, J. M.; THELIER-HUCHEL. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. **Annals of Botany**, v.74, p.397-407, 1994.

LEMAIRE, G.; GASTAL, F.; PLENÉT, D. Dynamics of uptake and N distribution in plant canopies. Use of crop N status index in crop modeling. In. "Diagnosis procedures for crop N

management". G. LEMAIRE and I. BURNS (Eds). **INRA-Editions**, Paris (France), Serie "Les colloques" n.82, p.15-29, 1997.

LOPES, A. S. Manual Internacional de Fertilidade do Solo. Tradução e Adaptação de Alfredo Scheid Lopes. 2ed. Piracicaba. **Potafos**, p.40-41, 1998.

LOPES, N.F., MAESTRI, M. Análise de crescimento e conversão de energia solar em populações de milho em Viçosa, MG. **Revista Ceres**, n.20, v.109, p.189-201, 1973.

MALAVOLTA, E. Nitrogênio. É uma verdade. O nitrogênio é exigido pelas culturas. Informações Agronômicas. **Potafos**, n.73, p.1-2, 1996.

MARCELIS, L. F.M.; HEUVELINK, E.; GOUDRIAAN, J. Modelling biomass production and yield of horticultural crops: a review. **Scientia Horticulturae**, v.74, p. 83-111, 1998.

MENGEL, D. Manejo de nutrientes da cultura do milho de alta produtividade. Informações Agronômicas, **Potafos**, n.73, p.4-6, 1996.

MENGEL, D.B.; BARBER, S.A. Rate of nutrient uptake per unit of corn root under field conditions. **Agronomy Journal**, v.66, p.399-402, 1974.

MONTAGNER, D. Efeito das perdas aleatórias na população inicial no rendimento de grãos na cultura do sorgo. 2003. 61p. **Dissertação** (Mestrado em Agronomia) – Programa de Pós-Graduação em Agronomia, Universidade Federal de Santa Maria. Santa Maria, 2003.

MUCHOW, R.C.; DAVIS, R. Effect of nitrogen supply on the comparative productivity of maize and sorghum in a semi-arid tropical environment. II-Radiation interception and biomass accumulation. **Field Crops Res.**, v.18, p.17-30, 1988.

NOVAIS, M. V.; NOVAIS, R.F.; BRAGA, J.M. Efeito da adubação nitrogenada e seu parcelamento sobre a cultura do milho em Patos de Minas. **Revista Ceres**, Viçosa, n.21, v.115, p.193-202, 1974.

PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.E. Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais. Campinas. Instituto Agronômico, (**Boletim Técnico, 114**), 33p. 1987.

RAUPP, A.A.A.; BRANCÃO, N. Ensaio Sul Riograndense de Sorgo Granífero 1997/1998, Capão do Leão-RS. Reunião Técnica Anual do Milho, 43. Reunião Técnica Anual do Sorgo, 26. **Anais**, p.68-70, Veranópolis- RS, FEOAGRO, 1998.

RAUPP, A.A.A.; CHIELLE, Z.G.; BRANCÃO, N.; BURIN, E. **Indicação de cultivares de sorgo**. Grupo Pró-Sorgo Sul. Embrapa Clima Temperado. Fepagro - Centro de Pesquisa de Fruticultura, Taquari, 1999.

RAUPP, A. A. A.; BRANCÃO, N.; PARFITT, J.M.B.; FRANCO, J.C.B. Ensaio Sul Riograndense de Sorgo Granífero 1999/2000, Bagé-RS.. Reunião Técnica Anual do Milho, 45. Reunião Técnica Anual do Sorgo, 28. **Anais**, p.325-328, Pelotas-RS. Embrapa Clima Temperado, 2000.

ROLAS - **Recomendações de Adubação e de Calagem Para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**, 3ª Edição, Passo Fundo, 224p. 1995.

UHART, S. A.; ANDRADE, F.H. Nitrogen Deficiency in Maize: I- Effects on crop growth, development, dry matter partitioning, and kernel set. **Crop Science**, Madison, v.35, p.1375-1383, 1995a.

UHART, S.A.; ANDRADE, F.H. II-Carbon-Nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. **Crop Science**. Madison, v.35, p.1384-1389, 1995b.

VANDERLIP, R.L. How a sorghum plant develops. Kansas State University Agricultural Experiment Station and Cooperative Extension Service. Disponível em: <http://www.sorghum.tamu.edu/gen_production/howorgdevel/intro.html>. Acesso em 30 set. 2003.

WATSON, D.J. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I-Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. **Annals of Botany**, n.11, v.41, p. 41-76, 1947.

YAMADA, T. Adubação nitrogenada do milho. Como melhorar a eficiência. Informações Agronômicas. **Potafos**, n.71, p.1-3, 1995.

YAMADA, T. Adubação nitrogenada do milho. Quanto, como e quando aplicar. Informações Agronômicas. **Potafos**, n.74, p.1-5, 1996.

YAMADA, T., ABDALLA, S.R.S. Como melhorar a eficiência da adubação nitrogenada do milho. Informações Agronômicas. **Potafos**, n.91, p.1-5, 2000.

Recebido em: 14/08/2010

Aceito para publicação em: 19/09/2010