



UNIVERSIDADE FEDERAL DA FRONTEIRA SUL – UFFS
CAMPUS CERRO LARGO
CURSO DE AGRONOMIA

JACKSON LUIS BIRCK

**EFEITO DE DIFERENTES DOSES E MÉTODOS NA APLICAÇÃO DE ENXOFRE
SOBRE A SEVERIDADE DA FERRUGEM (*Phakopsora pachyrhizi*) NA CULTURA
DA SOJA**

CERRO LARGO

2016

JACKSON LUIS BIRCK

**EFEITO DE DIFERENTES DOSES E MÉTODOS NA APLICAÇÃO DE ENXOFRE
SOBRE A SEVERIDADE DA FERRUGEM (*Phakopsora pachyrhizi*) NA CULTURA
DA SOJA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Agronomia da Universidade Federal da
Fronteira Sul, como requisito para obtenção do
título de Bacharel em Agronomia.

Orientadora: Prof(a). Dr(a). Juliane Ludwig

Co-orientador: Prof. Dr. Douglas Rodrigo Kaiser

CERRO LARGO

2016

DGI/DGCI - Divisão de Gestão de Conhecimento e Inovação

Birck, Jackson Luis

Efeito de Diferentes Doses e Métodos na Aplicação de Enxofre Sobre a Severidade da Ferrugem (*Phakopsora pachyrhizi*) na Cultura da Soja/ Jackson Luis Birck. -- 2016.

34 f.:il.

Orientadora: Juliane Ludwig.

Co-orientador: Douglas Rodrigo Kaiser.

Trabalho de conclusão de curso (graduação) - Universidade Federal da Fronteira Sul, Curso de Agronomia , Cerro Largo, RS, 2016.

1. A Soja. 2. Exigências da Soja. 3. Doenças e seus Efeitos. 4. Enxofre. 5. Resultados e Discussão. I. Ludwig, Juliane, orient. II. Kaiser, Douglas Rodrigo, co-orient. III. Universidade Federal da Fronteira Sul. IV. Título.

JACKSON LUIS BIRCK


EFEITO DE DIFERENTES DOSES E MÉTODOS NA APLICAÇÃO DE ENXOFRE
SOBRE A SEVERIDADE DA FERRUGEM (*Phakopsora pachyrhizi*) NA CULTIVAÇÃO
DA SOJA

Trabalho de conclusão de curso de graduação apresentado como requisito para a
obtenção de grau de Bacharel em Agronomia da Universidade Federal da Fronteira
Sul.

Orientadora: Prof(a). Dr(a). Juliane Ludwig

Este trabalho de conclusão de curso foi defendido e aprovado pela banca em
30 / 03 / 2016

BANCA EXAMINADORA



Prof(a). Dr(a). Juliane Ludwig – UFFS



Prof. Dr. Marcos Antônio Zambillo Palma – UFFS



Eng. Agr. Dr. Ismail Teodoro Souza Junior – Ufpel

AGRADECIMENTOS

Quero agradecer primeiramente a Deus pela minha vida e aos meus pais que tornaram possíveis os meus estudos e a minha esposa pelo apoio e compreensão nos momentos de ausência para a realização deste trabalho.

Agradeço a minha orientadora por todas as ideias, recomendações, paciência e compreensão para elaborar e organizar este trabalho, ao co-orientador pelos conselhos e ideias passadas para melhorar o trabalho.

Agradeço a Universidade Federal da Fronteira Sul, direção, professores, funcionários e a Comissão de Estágio que sempre transmitiam ideias, ensinamentos e experiências novas no decorrer destes anos de estudo e que não mediram esforços para nos ensinar o caminho certo para nós seguirmos em nossa vida.

Agradeço também ao meu supervisor de estágio pelas orientações durante todo o estágio, aonde além de profissional soube fazer do momento uma oportunidade e desta oportunidade uma grande amizade.

Meu muito obrigado a todos que de alguma forma me ajudaram a conseguir concluir o Curso de Bacharel em Agronomia.

RESUMO

A soja (*Glycine max*) é uma espécie de grande importância econômica para o Brasil e atualmente, é a mais cultivada no mundo. Os nutrientes, dentre esses o enxofre, demandados pela cultura, podem influenciar a sanidade das plantas. O trabalho teve como objetivos avaliar os efeitos de diferentes doses e métodos de aplicação de enxofre sobre a ferrugem asiática da soja e algumas variáveis de rendimento. Para tanto, foi realizado um experimento a campo, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul, campus de Cerro Largo-RS. Os produtos utilizados foram um formulado turfoso contendo 20% de enxofre (Humimax 20S[®]) e o outro o enxofre elementar 99%. Os mesmos foram aplicados apenas na linha (0, 80, 120, 160 kg ha⁻¹), ou apenas em cobertura (0, 80, 120, 160 kg ha⁻¹) bem como na linha e em cobertura (40+40, 60+60, 80+80 kg ha⁻¹). O delineamento experimental utilizado foi de blocos ao acaso (DBC) e com quatro repetições. Quando as plantas atingiram o estágio R4 foi iniciada a avaliação da severidade da ferrugem, mediante a atribuição de notas segundo a área foliar afetada, e os dados utilizados para cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD). Quando atingiram a maturação para colheita, as plantas foram retiradas, trilhadas e avaliadas quanto ao massa de mil grãos (MMG) e produtividade. Foi observado que as aplicações de enxofre influenciaram sobre a sanidade das plantas, produzindo um incremento de mais de 150 Kg ha⁻¹, sendo que a aplicação em linha mostrou-se a mais eficiente.

Palavras-Chave: Sulfuroso. Ferrugem Asiática. Produção. *Glycine max*.

ABSTRACT

Soy (*Glycine max*) is a species of great economic importance for Brazil and is currently the most cultivated in the world. The nutrients, among them the sulfur, demanded by the culture, can influence the sanity of the plants. In view of the above, the objective was to evaluate the effects of different doses and methods of sulfur application on Asian soybean rust and some yield variables. For that, an experiment was carried out in the field, in the experimental area of the Frontier Sul Federal University, Cerro Largo-RS campus. The products used were a turpentine formulation containing 20% sulfur (Humimax 20S®) and the other 99% elemental sulfur. (0, 80, 120, 160 Kg ha⁻¹), or only in coverage (0, 80, 120, 160 Kg ha⁻¹) as well as in the line and in the cover (40 + 40, 60 + 60, 80 + 80 Kg ha⁻¹). The experimental design was a randomized block design (DBC) and four replications. When the plants reached the R4 stage, the evaluation of the severity of the rust was started, by assigning notes according to the affected leaf area, and the data used to calculate the area below the disease progress curve (AACPD). When they reached maturity for harvest, the plants were removed and evaluated for the weight of one thousand grains (MMG) and yield. It was observed that the sulfur applications influenced the sanity of the plants, producing an increase of more than 150 Kg ha⁻¹, and the on-line application proved to be the most efficient.

Keywords: Sulfurous. Rust Asian. Production. *Glycine max*.

LISTA DE FIGURAS

Figuras 1 – Ciclo simplificado do Enxofre (S).....	15
Figuras 2 – Marcação dos trifólios no terço médio superior e no terço médio inferior na planta de soja.....	21
Figuras 3 – Área abaixo da curva de progresso da doença do terço médio superior (AACPD Superior) (A) e inferior (AACPD Inferior) (B) da ferrugem asiática de plantas de soja submetidas a diferentes doses de Enxofre Elementar a 99%.....	23
Figuras 4 – Área abaixo da curva de progresso da doença do terço médio superior (AACPD Superior) e inferior (AACPD Inferior) da ferrugem asiática em plantas de soja submetidas em diferentes doses de um formulado com Enxofre a 20%.....	25
Figuras 5 – Área abaixo da curva de progresso da doença do terço médio superior (AACPD Superior) e inferior (AACPD Inferior) da ferrugem asiática em plantas de soja submetidas em diferentes doses de Enxofre Elementar a 99%.....	25
Figuras 6 – Massa de mil grãos (MMG) (gr) de plantas de soja submetidas a diferentes doses de um formulado com Enxofre a 20% e do Enxofre Elementar a 99%.....	26
Figuras 7 – Produtividade (Kg ha ⁻¹) de plantas de soja submetidas a diferentes doses e métodos de aplicação de um formulado com Enxofre a 20%.....	27
Figuras 8 – Produtividade (Kg ha ⁻¹) de plantas de soja submetidas a diferentes doses de Enxofre Elementar a 99%.....	28

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	9
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1. A SOJA.....	11
2.2. EXIGÊNCIAS DA SOJA	12
2.3. DOENÇAS E SEUS EFEITOS	14
2.4. ENXOFRE	15
3. MATERIAIS E MÉTODOS	20
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	29
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	30

1 INTRODUÇÃO

A soja (*Glycine max* (L) Merrill) é considerada uma das principais espécies de importância econômica na agricultura mundial e brasileira, sendo uma fonte de proteína tanto para humanos quanto para os animais. Atualmente a oleaginosa é a mais cultivada no mundo.

No Brasil na safra 2015/2016 foi a espécie mais cultivada com 32,921 milhões de hectares de área plantada e na safra atual 2016/2017 aponta um crescimento de 0,3 a 2,2%, enquanto que no Rio Grande do Sul a área estimada não se altere em relação safra passada, entorno de 5,455 milhões de hectares (CONAB, 2016). Isso mostra que nessas últimas safras, aumentou-se a área e a produção, mas não se elevou a produtividade, devido, entre outras causas, às influências de clima, condições nutricionais e fitossanitárias da cultura.

A disponibilidade de nutrientes é essencial para o pleno desenvolvimento da cultura, e para a soja não seria diferente. Da mesma forma, a escassez de um deles pode influenciar diretamente na sanidade ou na suscetibilidade das plantas às doenças. Qualquer planta que sofra algum tipo de estresse nutricional pode se tornar mais suscetível às doenças, acarretando problemas de crescimento ou desenvolvimento e perdas de produtividade (DOMINGOS; LIMA; BRACCINI, 2015).

Na soja o elemento enxofre é requerido na mesma quantidade que os elementos fósforo e magnésio, aproximadamente 10 Kg de enxofre para cada 1000 Kg de grão produzidos pela cultura. A aplicação de 25 a 75 Kg de enxofre por hectare pode proporcionar um aumento de produtividade entre 100 a 500 Kg de grão, sendo a cultura da soja uma das maiores exportadoras de enxofre, com 77,3 mil toneladas ano na agricultura brasileira (YAMANDA; LOPES, 1998).

O enxofre já foi muito utilizado, com sucesso, contra alguns tipos de ferrugens, pois é um elemento lipofílico, ou seja, ele pode atuar através da parede celular dos fungos, desestabilizando a reação redox do metabolismo do patógeno, (ZAMBOLIN; VENTURA; JUNIOR, 2012). Esse mesmo autor afirma que o produto é considerado de contato, eliminando e/ou erradicando as estruturas dos fungos na superfície das plantas e ainda participa da formação de aminoácidos e proteínas no processo de fotossíntese e nos mecanismos de defesa da planta.

No Brasil um dos principais empecilhos para produção de soja, além do desbalanço nutricional, é um clima propício para proliferação de doenças, o qual é

quente e úmido, sendo este considerado ideal para surgimento da ferrugem asiática (GODOY et al., 2014) além de que as medidas de controle recomendadas e utilizadas nem sempre são eficientes na redução da doença.

Diante do exposto, buscou-se avaliar os efeitos de diferentes doses e métodos de aplicação de enxofre sobre a ferrugem asiática da soja e algumas variáveis de rendimento.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 A Soja

A soja é uma planta C3 que pertence a família das leguminosas, de ciclo anual e porte herbáceo a sublenhoso classificada como *Glycine max* (L.) Merrill, cuja parte aérea é constituída de um caule principal com presença de ramificações. Na parte subterrânea ela possui um sistema radicular do tipo pivotante, onde as raízes além de auxiliarem na ancoragem física e na absorção de água e dos elementos minerais estabelece uma relação simbiótica com algumas espécies de bactérias que fixam o nitrogênio molecular (N₂) disponível no ar do solo, ou seja, ajuda na fixação de biológica do nitrogênio (CÂMARA, 2014).

A soja é uma das espécies mais cultivadas no mundo. Em seus primórdios, era uma planta rasteira que habitava a costa leste da Ásia e sua evolução ocorreu via cruzamentos naturais entre espécies selvagens que foram sendo melhoradas por cientistas. Sua primeira exploração foi como forrageira e após alguns anos passou para grão (DALL'AGNOL, 2008).

Para a Aprosoja (2014) sua importância na agricultura mundial se consolidou devido a grande diversidade do uso desta oleaginosa rica em óleo e proteína, desde óleo e farelo muito consumidos, como chocolates, massas, misturas para bebidas, são produzidos com a soja. Devido a isso houve um grande aumento da demanda mundial por alimentos para humanos e animais.

No Brasil o cultivo começou no estado da Bahia, no ano de 1882 com a introdução de materiais genéticos trazidos dos Estados Unidos, no entanto, em função das condições ambientais muito diferentes os testes não tiveram êxito (SEDIYAMA et al., 2009; DALL'AGNOL, 2008). Quase uma década depois a soja foi avaliada nas condições do Rio Grande do Sul, onde passou a ser utilizada como forrageira para alimentação dos bovinos. Somente a partir da década de 1960 a cultura iniciou sua expansão, vindo a se tornar um dos cereais mais produzidos no mundo (NEVES, 2011).

O Brasil é considerado o segundo maior produtor de soja, ficando atrás somente dos Estados Unidos, com uma pequena porcentagem de desvantagem (USDA, 2016). Conforme a Conab (2016) a safra brasileira de soja 2016/2017 esta sendo estimado em 103,4 milhões de ton, com uma área de cultivo superior a 33,4

milhões de hectares, com um possível aumento de produtividade, de 2.943 Kg para 3.101 Kg por hectares, um incremento maior que 5% sobre a produtividade da safra passada.

Os estados de maior produção de soja no Brasil é o Mato Grosso em primeiro lugar com mais de 27,5 milhões de ton, seguido pelo Paraná com mais de 16,5 milhões de toneladas e seguido de perto pelo Rio Grande do Sul com mais de 16,3 milhões de toneladas produzidas em mais de 5,4 milhões de hectares, deixando na posição de terceiro maior estado produtor de soja (IBGE, 2016), sendo esta cultivada em 32 microrregiões, que produzem cerca de 20% do total produzido no Brasil de soja (MELO, 2005).

2.2 Exigências da Soja

A soja é considerada uma cultura altamente influenciada pelo nível de tecnologia aplicada, pelo clima e solo onde a cultura está sendo conduzida e também pelos fatores bióticos que seriam a qualidade das sementes utilizadas pelo produtor, pela presença, densidade e potencial da presença de um inóculo na semente, no solo ou em ambos, que afetariam o desenvolvimento da plântula de soja (NEVES, 2011).

O clima é considerado como um grande regulador da produção brasileira de soja, pois seus efeitos causam influência em todos os estádios fenológicos da cultura e nos processos agrícolas dos produtores (AYOADE, 1986 apud NEVES, 2011). Parece ser consenso de ocorrência de dois períodos críticos na cultura da soja os quais se localizam entre os estádios de germinação – emergência e floração – enchimento dos grãos (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007; SALINAS, 1996).

Com relação à água, a quantidade requerida para a cultura, durante todo o ciclo, está em torno de 450 a 800 milímetros (EMBRAPA, 2016). Danos resultantes da deficiência hídrica estão relacionados a redução no tamanho e peso dos grãos e na retenção da cor verde do grão, isso na fase de enchimento dos grãos, pois a falta de água vai prejudicar as atividades das enzimas responsáveis pela degradação da clorofila no grão (BORRMANN, 2009).

Referente à temperatura, a faixa ideal para o desenvolvimento da soja está entre 20 e 30°C (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007) sendo que

temperaturas menores de 10°C ou maiores de 40°C influenciam o desenvolvimento e causam distúrbios na floração e na capacidade de retenção das vagens, respectivamente (EMBRAPA, 2016). A presença de umidade tem um papel muito importante, pois atua na regulação térmica da planta de soja, agindo no resfriamento e na manutenção e distribuição do calor (FARIAS; NEPOMUCENO; NEUMAIER, 2007), no entanto é um fator que predispõem as plantas a doenças.

Referente à nutrição da soja, a absorção de nutrientes minerais, é influenciada pelas condições climáticas e térmicas, pelos teores de nutrientes contidos no solo juntamente com seus tratos culturais (BORKERT et al., 1994). Os desarranjos no metabolismo das plantas causadas pela deficiência de nutrientes se manifestam em anomalias visíveis, sendo possível visualizar sintomas específicos (ESPTEIN; BLOOM, 2006).

Pesquisadores como Malavolta (2008) deixam claro as principais funções desses nutrientes para as plantas, no caso do Nitrogênio, auxilia na produção de aminoácidos, proteínas, enzimas, DNA, RNA e a clorofila para planta, já o fósforo regula a atividade das enzimas na liberação de energia do ATP, na respiração e fixação de CO₂. O Potássio atua na função de economizar água da planta, ou seja, regula a abertura e o fechamento dos estômatos e ainda no transporte de carboidratos da planta, enquanto que o cálcio tem como função participar no crescimento das partes aéreas e das pontas das raízes. O Magnésio na ativação do CO₂ e na estabilização dos ribossomos para síntese de proteínas. O enxofre está presente em todas as proteínas e nas coenzimas, pois ajuda na respiração metabólica de lipídeos, e na formação de óleos e compostos voláteis ena formação de nódulos nas leguminosas que auxiliam na fixação de nitrogênio e na redução de nitrato.

Para o cultivo da soja são necessários os macronutrientes como nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e enxofre (S), estes requeridos em maior quantidade que os micronutrientes como ferro (Fe), cobre (Cu), manganês (Mn), zinco (Zn), boro (B), cloro (Cl), molibdênio (Mo) e o níquel (Ni) (DOMINGOS; LIMA; BRACCINI, 2015).

Segundo Zambolim; Ventura; Junior (2012) todos os nutrientes são essenciais para as plantas, pois qualquer nutriente pode influenciar a sanidade da planta, tornando ela mais suscetível ou não para as doenças, ou seja, a nutrição da planta

pode em certos momentos induzir a resistência ou a tolerância da planta às doenças que possam atacá-la em função do seu balanço nutricional equilibrado.

2.3 Doenças na Soja

Quando se pensa na sanidade da cultura da soja, as doenças aparecem como um dos principais gargalos atualmente. Já foram identificados mais de 120 organismos patogênicos no mundo nessa cultura, mas cerca de 40 destes patógenos são capazes de provocar injúrias de importância econômica na cultura (DHINGRA; MENDONÇA; MACEDO, 2009).

Entre os que mais preocupam é o fungo *Phakopsora pachyrhizi*, agente casual da ferrugem asiática (GODOY et al., 2014). Esta é a doença mais severa na cultura com perdas de produtividade podendo chegar a 100% (EMBRAPA, 2016). Desde sua chegada, na safra 2001/2002, ocorrem epidemias muito frequentes, diminuindo significativamente a produtividade da cultura e aumentando muito os custos de produção, influenciado pela aquisição de insumos (fungicidas) que antes não eram necessários (DHINGRA; MENDONÇA; MACEDO, 2009).

A infecção pelo fungo acontece na presença de água livre sobre a superfície da folha de soja pelo período mínimo de 10 horas e com temperaturas entre 18°C a 26°C (UGALDE, 2005). Seus sintomas podem aparecer em qualquer estágio de desenvolvimento da planta, pois é um parasita biotrófico que precisa de um hospedeiro vivo para se proliferar, onde aparece a presença de minúsculos pontos mais escuros que o tecido da folha de soja chamados de urédias (saliências), onde estas começam a liberar novos esporos para novas infecções (GODOY et al., 2014).

No entanto, não é apenas a ferrugem que vem causando danos severos na cultura, o oídio causado pelo fungo *Erysiphe diffusa*, a antracnose causada por *Colletotrichum truncatum* e a podridão da raiz cujo agente é o fungo *Macrophomina phaseolina* estão entre as principais doenças, com significativas perdas de produtividades na soja (GODOY et al., 2014).

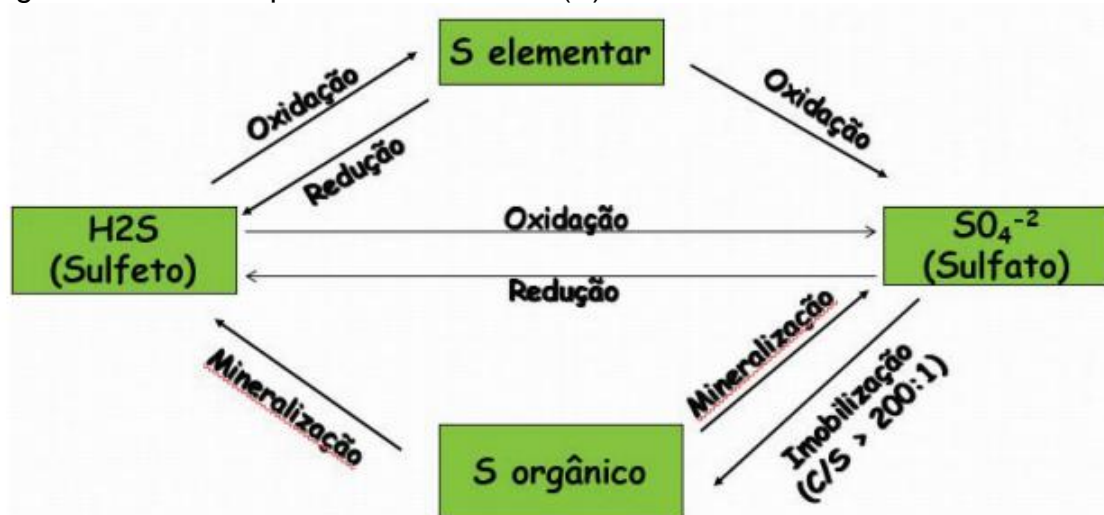
Como forma de controle, a maioria dos produtores faz o uso do controle químico, no entanto essa técnica ocasiona impactos ambientais na fauna e flora, quando utilizados incorretamente, ou seja, se deslocam via vento, água da chuva e ainda podem acarretar intoxicações nos produtores ou trabalhadores rurais e

provocar contaminações nos próprios alimentos que são levados a mesa diariamente (CHAGAS, 2010).

2.4 Enxofre

O elemento encontra-se em maior proporção na matéria orgânica com cerca de 95% por isso seu ciclo (Figura 1) se assemelha ao do nitrogênio, pois seus fluxos são controlados por reações de oxidação e redução mediadas pelos organismos presentes no solo (VITTI; OTTO; SAVIETO, 2015). Nos solos com boa drenagem e oxigenados temos a predominância da forma mais oxidada que é o sulfato, sendo ele absorvido pelas partículas de argila ou pelo complexo de organominerais (MALAVOLTA, 1978).

Figura 1 - Ciclo Simplificado do Enxofre (S).



Fonte: Vitti, Otto e Savieto (2015).

O processo de redução do enxofre a sulfato gera duas implicações para o manejo adequado deste nutriente, primeiramente ocorre a oxidação do sulfeto e do enxofre para forma de sulfato, em consequência gera uma elevação do pH no solo por segundo a redução do sulfato para forma de sulfeto gera uma redução no pH do solo, isso tudo gera outras duas complicações práticas uma depende da ação dos microrganismos do tipo *Thiobacillus* que dependem das condições climáticas e das temperaturas e ainda do contato do elemento com o solo, por sua vez sua reação gera acidez, contudo atualmente os produtos comerciais utilizados a base de

enxofre nas doses de 50 kg/ha não promovem uma acidificação significativa no solo (VITTI; OTTO; SAVIETO, 2015).

Devido a essa mobilidade do enxofre no solo recomenda-se utilizar a camada subsuperficial que é de 20 a 40 centímetros para um diagnóstico dos teores de enxofre no solo e assim realizar uma adubação quando estiver abaixo dos níveis críticos indicados na tabela 1.

Tabela 1 – Classificação dos teores de Enxofre (S) no solo de acordo com dois extratores: acetato neutro de amônio e fosfato monocálcico.

Classes	S (mg dm ⁻³)	
	NH ₄ OAc.HOAc.	Ca(H ₂ PO ₄) ₂ - 500 ppm P
Muito Baixo	0,0 - 5,0	0,0 - 2,5
Baixo	5,1 - 10,0	2,5 - 5,0
Médio	10,1 - 15,0*	5,1 - 10,0*
Adequado	> 15,0	> 10,0

* Nível crítico.

Fonte: Vitti, 1989 apud Vitti; Otto; Saviato 2015.

Sendo o solo brasileiro do tipo tropical isso mostra uma quantidade encontrada muito baixa do enxofre no perfil explorado pelas raízes da cultura quando comparado às regiões mais temperadas, com isso ainda temos outros fatores que ajudam na deficiência do elemento no solo como o uso de variedades mais produtivas, que extraem e exportam cada vez mais nutrientes, utilização de fertilizantes mais concentrados e sem a presença ou pouca presença de enxofre e na imobilização do elemento na matéria orgânica que é acumulada em decorrência das práticas conservacionistas como plantio direto (SFREDO; LANTMANN, 2007).

No Rio Grande do Sul o que se observa é uma grande variabilidade dos solos desde o material de origem até nos processos de formação, dos teores e tipos de argila e nos óxidos e matéria orgânica presentes no solo, isso mostra a probabilidade de resposta nas aplicações do enxofre nos solos. Alvarez (2004) relata que houve uma severa diminuição nas reservas de enxofre da maioria dos solos gaúchos, nos últimos anos, devido ao manejo inadequado do solo ao preparo convencional que incorpora a matéria orgânica, a erosão bem como a mineralização do solo que converte uma substância orgânica em substância inorgânica.

Em pesquisa realizada em solos gaúchos, manejados sob agricultura de precisão das 72.729 amostras obtidas em profundidades de 0 – 15 centímetros,

67,5% das amostras apresentaram teores de enxofre extraível equivalentes a 10 mg dm³, ou seja, apresentam possibilidade de respostas na aplicação do enxofre para melhorar sua produtividade final (SILVA et al., 2013).

O efeito fúngico do elemento enxofre foi descoberto por William Forsyth no ano de 1802, sendo muito utilizado em árvores frutíferas e após amplamente na agricultura da época, pois atuava no controle de ferrugens, pois devido suas características lipofílicas, consegue penetrar pela parede dos fungos e desestabilizar as reações do metabolismo dos patógenos (HEITEFUSS, 1975 apud ZAMBOLIM; VENTURA; JUNIOR, 2012).

Passado alguns anos Robertson em 1824 explanou na sociedade de horticultores de Londres, mostrando seus resultados de pesquisa sobre o enxofre e confirmando a eficiência no controle de oídio do pessegueiro, aumentando ainda mais sua utilização (ZAMBOLIM; VENTURA; JUNIOR, 2012). Como cada vez mais cientistas da época começaram a pesquisar outras finalidades para o enxofre, Millardet em 1885, descobriu as propriedades da calda bordalesa.

Na planta, o enxofre desempenha funções essenciais para o desenvolvimento, participando ativamente na formação de aminoácidos, proteínas, na fotossíntese até como um mecanismo de defesa contra patógenos na planta (VITTI; OTTO; SAVIETO, 2015). Na primeira rota seria a da formação de proteínas com qualidade, ou seja, o enxofre participa da composição de quatro aminoácidos importantes como cistina, metionina, cisteína e taurina, estes relacionados no crescimento e produção de proteínas com qualidade, mas se tivermos deficiência ou falta de enxofre teremos como consequência proteínas com baixa qualidade final. Na segunda rota teremos a fixação biológica de N₂ do ar atmosférico e incorporação do nitrogênio mineral em aminoácidos, ou seja, o hidrogênio H₂ é originado pela ação da enzima ferredoxina que contem enxofre na sua estrutura, mas a falta do enxofre pode não gerar o H₂ necessário para fixação biológica de nitrogênio para a planta de soja e também faz com que a enzima redutase do nitrito não aconteça (TAIZ; ZEIGER, 2004).

O elemento induz a resistência, pois é considerado como um reforço natural para as plantas contra os patógenos fúngicos. Foi observada em experimentos, em casa de vegetação e á campo, a resistência contra as doenças, por isso foi cunhado um termo (SIR) que significa resistência induzida do enxofre, pois mostrou na prática que quanto mais aumentava a aplicação do enxofre nas plantas jovens de canola,

cada vez mais foi observar um decréscimo nas infecções das doenças (SCHUMG, 1997 apud ZAMBOLIM; VENTURA; JUNIOR, 2012).

Na planta o enxofre está presente em todas as proteínas, enzimáticas ou não, e, nas coenzimas auxiliando na respiração, no metabolismo nas assimilações de CO₂, juntamente nas descarboxilações e oxidações. Faz parte dos componentes da glutamina e de hormônios, na formação de óleos glicosídeos e componentes voláteis auxiliando na formação de nódulos das leguminosas para fixação de N₂ (MALAVOLTA, 2008).

Alvarez (2004) em sua pesquisa resume as principais plantas cultivadas de acordo com suas necessidades sobre o elemento enxofre, distribuídas assim, brássicas e liliáceas necessitam de grandes quantidades de enxofre, requerendo uma relação nitrogênio (N) / enxofre (S) próximo de 7:1, para seu pleno desenvolvimento, já as leguminosas necessitam de um nível intermediário de enxofre disponível e as de baixa necessidade do elemento são as gramíneas. Nessa mesma linha Sfredo; Lantmann (2007) afirmam que a soja tem uma exigência de enxofre na faixa de 8,2 kg para cada tonelada de grão produzida, enquanto que para milho e trigo exigem respectivamente 2,6 kg e 4,3 kg por tonelada produzida e para as brássicas, entre elas a canola, indica-se uma relação entre o nitrogênio (N) e o enxofre (S) na proporção de 5:1, pois a canola produz altas quantidades de proteína e óleo (BISSANI, 1985).

O sulfato quando absorvido e reduzido na forma de radicais sulfidrilos (-SH) e dissulfetos (-S-S), aumentam a resistência das plantas as baixas temperaturas e ao estresse hídrico principalmente nas culturas de invernos, deixando assim as plantas mais vigorosas e com uma melhor sanidade, sendo que na ausência destes na planta de soja ocasiona um maior acamamento das plantas na lavoura e conseqüentemente uma redução de produtividade final da soja (VITTI; OTTO; SAVIETO, 2015).

Camargo et al., (1975) em seus estudos obtiveram resposta na adubação com o enxofre na cultura do trigo, cultivado em um solo ácido e com baixos teores de matéria orgânica, por outro lado, Alvarez (2004), não encontrou resposta no aumento da produção em culturas como trigo, soja e feijão. Em culturas de verão, como a soja, o uso de diferentes doses de enxofre, variando de 0 a 180 kg ha⁻¹, não influenciaram o aumento da produtividade na cultura da soja no Estado do Paraná, sendo que a água da chuva possa ter suprido a necessidade de enxofre que a

planta necessitava para seu pleno desenvolvimento (PRIMO; SILVA; FERNANDES, 2012).

Na cultura do milho foi evidenciado que doses superiores a 60 Kg ha⁻¹ de enxofre incorporado no solo independentemente do sistema de cultivo (plantio direto ou cultivo mínimo) aumentaram linearmente e significativamente a produtividade da cultura (DOMINGUES et al., 2004). Na cultura do alho houve resposta positiva na produtividade de três cultivares que receberam o enxofre em três diferentes doses de aplicação (0, 50 e 100 kg ha⁻¹), sendo possível observar um aumento no vigor da planta, na altura e no número de folhas e raízes, favorecendo o armazenamento e comercialização do produto (RESENDE, 2011).

A omissão do enxofre na soja tem como consequência o desenvolvimento de um menor número de folhas, redução da altura, do diâmetro de caule e da matéria seca das raízes, bem como alterações morfológicas e a diminuição da produtividade da cultura (PRADO et al., 2010). Este elemento é requerido na mesma ordem em quantidade, que os nutrientes fósforo e magnésio, ou seja, aproximadamente 10 quilos de enxofre para cada 1000 quilos de soja produzida. O que se sabe é que as assimilações de nitrogênio e enxofre são bem coordenadas, ou seja, a falta de um elemento reprime o outro (REZENDE et al., 2009).

Na cultura do cafeeiro foi utilizado um produto foliar a base de enxofre com mais nutrientes misturados como boro, cobre, zinco e manganês que ocasionaram uma redução no crescimento micelial e uma redução na severidade da doença de *Phoma costarricensis* do cafeeiro, enquanto que o percentual de germinação dos conídios não foi afetado pela aplicação do produto (NOJOSA et al., 2009).

Segundo Yamanda; Lopes (1998) a soja é a principal cultura responsável pela exportação de enxofre na agricultura brasileira com aproximadamente 77,3 mil toneladas por ano, por este motivo esse trabalho foi conduzido de forma a determinar uma relação entre a utilização do enxofre na soja e sua relação de produtividade e sanidade em diferentes doses e métodos de aplicação do enxofre na soja.

3 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em Cerro Largo-RS, na área experimental da Universidade Federal da Fronteira Sul - UFFS. O solo da área é classificado com predominância de Latossolo Vermelho distroférico típico pertencendo a Unidade de Mapeamento Santo Ângelo, e clima do tipo Cfa (clima temperado úmido com verão quente).

A cultivar de soja utilizada foi a BRASMAX PONTA IPRO (7166 RSF IPRO), que possui um hábito de crescimento indeterminado e grupo de maturação 6.6, estatura alta e de ciclo precoce.

A área para implantação do experimento possuía, como cultura antecessora, trigo. Foi realizada a dessecação pré-semeadura com Glifosate (Roundup WG^R) na dose de 2 Kg p.c ha⁻¹. No momento da semeadura, as sementes foram tratadas com uma mistura de produtos fungicidas e inseticidas a base de Piraclostrobina + Tiofanato metílico + Fipronil (Standak Top^R) na dose de 2 ml p.c. Kg⁻¹ de semente, adicionando-se ainda uma mistura de micronutrientes contendo cobalto, molibdênio e zinco (Sulphur Seed Leg^R) na dose de 2,5 ml Kg⁻¹ de sementes

A semeadura foi realizada manualmente sendo depositadas 12 sementes por metro linear com espaçamento de 0,5 metros entre as linhas, ou seja, seguindo as linhas deixadas após a adubação e população de 240 mil plantas ha⁻¹. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso (DBC) composto por 10 tratamentos sorteados dentro de cada um dos blocos, e quatro repetições. Cada parcela (unidade experimental) foi constituída de 5 linhas de 3 metros de comprimento, totalizando 7,5 m². A bordadura foi considerada como sendo uma linha de cada um dos lados da parcela e 0,5m de cada extremidade da parcela, totalizando uma área útil de 3 m².

Como tratamentos foram utilizados, dois produtos a base de enxofre o primeiro um formulado turfoso comercial contendo 20% de enxofre (Humimax 20S[®]) e o outro o enxofre elementar contendo 99% (Gransuphur 99S^R). Cada um dos produtos foi aplicado, individualmente, conforme segue: aplicação apenas na linha (0, 80, 120, 160 kg ha⁻¹), ou apenas em cobertura (0, 80, 120, 160 kg ha⁻¹) bem como na linha e em cobertura (40+40, 60+60, 80+80 kg ha⁻¹). Os tratamentos com aplicação na linha foram depositados logo após a semeadura e os em cobertura, após o fechamento das linhas com o solo.

Durante a condução do experimento houve a necessidade do controle de plantas daninhas, para isso foi utilizado o herbicida Glyphosate (Roundup WG^R) na dose de 2 Kg ha⁻¹. Para o controle de insetos foi utilizado o inseticida Thiametoxam + Lambda-Cialotrina (Platinun Neo^R) na dose de 300 mL ha⁻¹. Vale também ressaltar, que não foi feito qualquer manejo para controle de doenças.

Quando as plantas atingiram o estágio R4 foi iniciada a avaliação da severidade da ferrugem. Para tanto, foram escolhidas, aleatoriamente cinco plantas, da área útil de cada parcela. Nestas plantas foi marcado um trifólio no terço superior e outro no terço inferior (Figura 2). O folíolo central desse trifólio foi utilizado nas avaliações de severidade da ferrugem. As avaliações foram realizadas com intervalos de 7 dias, utilizando a escala desenvolvida por Godoy et al., (2006), sendo realizadas o total de 4 avaliações em cada trifólio. Os dados de severidade obtidos foram utilizados para cálculo da área abaixo da curva de progresso da doença (AACPD) utilizando o programa GWBasic (MAFFIA, 1986).

Figura 2 - Marcação dos Trifólios no terço médio superior e no terço médio inferior de plantas.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

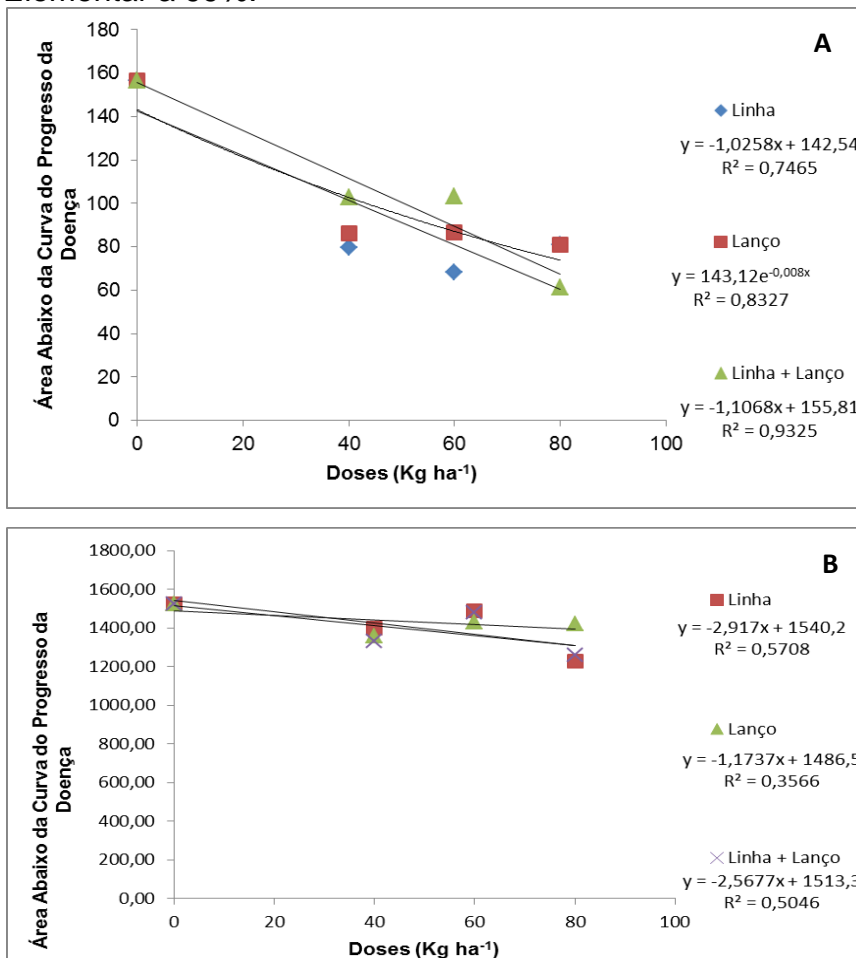
Ao atingirem o ponto de maturação para colheita, as plantas da área útil de cada parcela foram retiradas e trilhadas em trilhadoras de parcelas. Os grãos foram colocados em sacos de papel e levados para o laboratório. A partir dos grãos colhidos foi determinado o massa de mil grãos (MMG) mediante a pesagem de 8 repetições de 100 sementes (BRASIL, 2009). A produtividade foi realizada pesando

os grãos colhidos com a umidade corrigida para 13%. De posse dos dados foi realizado a análise de variância (ANOVA) e as médias comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade de erro.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Quando foi usado o enxofre elementar (99% de S) houve uma redução na área abaixo da curva de progresso da ferrugem asiática, no terço superior e inferior das plantas de soja, ou seja, para os 3 tipos de aplicação (linha, lanço e linha+lanço), conforme aumentou-se as doses do enxofre, diminuiu a severidade da doença mais acentuadamente no terço superior da planta, enquanto que no terço inferior houve uma menor redução da severidade da ferrugem, pois ela tem um micro clima ideal para seu pleno desenvolvimento nas folhas do baixeiro (Figura 3). Autores como Stipp; Casarin (2010) explicam que o enxofre auxilia nos mecanismos de defesa da planta contra o ataque de doenças, mas pouco se sabe do modo que isso acontece na planta.

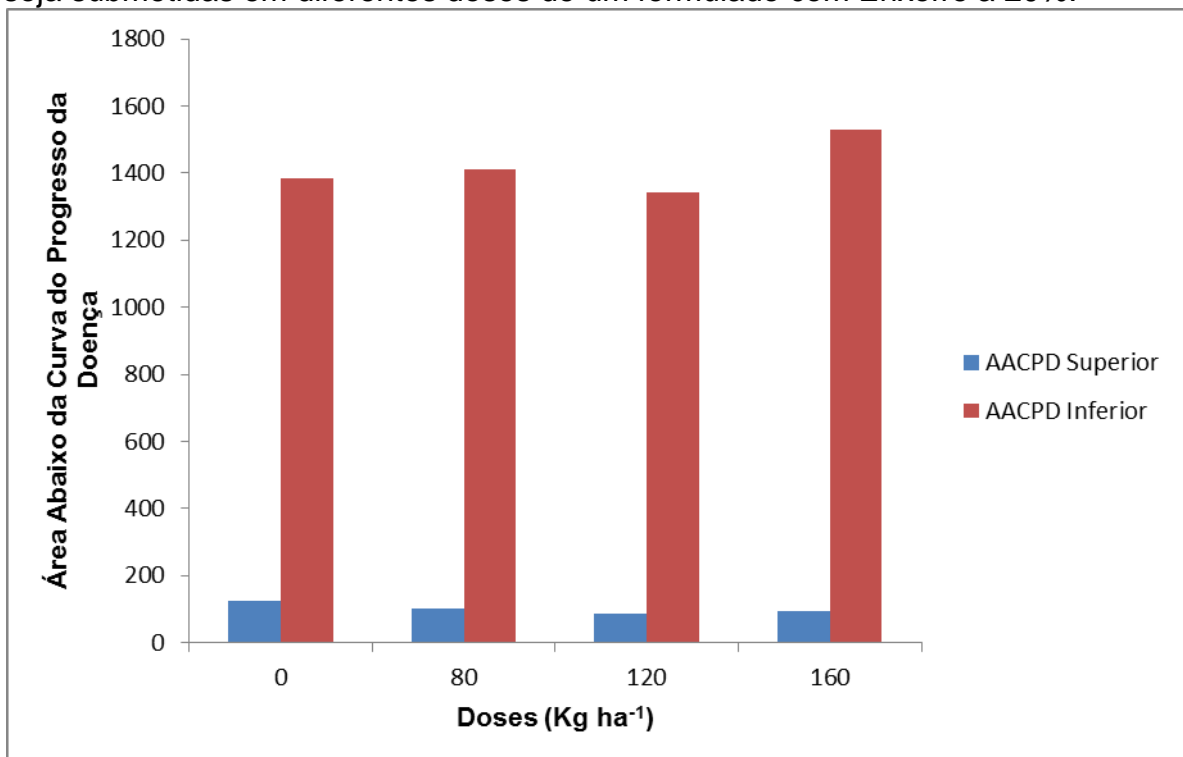
Figura 3 – Área abaixo da curva de progresso da doença do terço médio superior (AACPD Superior) (A) e inferior (AACPD Inferior) (B) da ferrugem asiática de plantas de soja submetidas a diferentes doses e métodos de aplicação de Enxofre Elementar a 99%.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

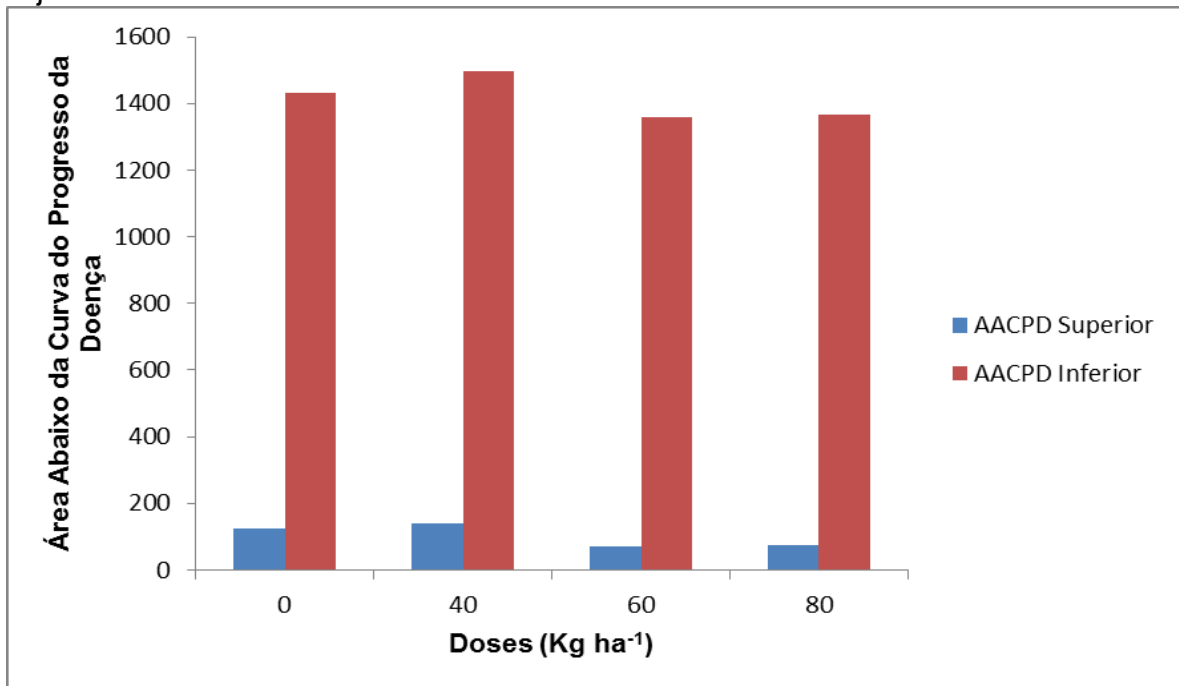
Nas avaliações do formulado de enxofre a 20% (Figura 4) e Enxofre Elementar a 99% (Figura 5), observou-se que não houve diferenças significativas entre as doses do mesmo terço, no entanto as maiores diferenças foram entre os terços, para uma mesma dose, uma vez que a ferrugem tem início mais no baixeiro das plantas (GODOY et al., 2014). Segundo Resende et al., (2011) a utilização de enxofre no alho resultou num aumento de produtividade ligado na melhora do vigor da planta em folhas mais jovens e das raízes. Da mesma forma um trabalho realizado por Gomes (1972), o fungo da antracnose (*Colletotrichum gloeosporioides*) foi controlado em frutíferas com uma aplicação de enxofre em pó molhável sobre as plantas atacadas pelo fungo.

Figura 4 – Área abaixo da curva de progresso da doença do terço médio superior (AACPD Superior) e inferior (AACPD Inferior) da ferrugem asiática em plantas de soja submetidas em diferentes doses de um formulado com Enxofre a 20%.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

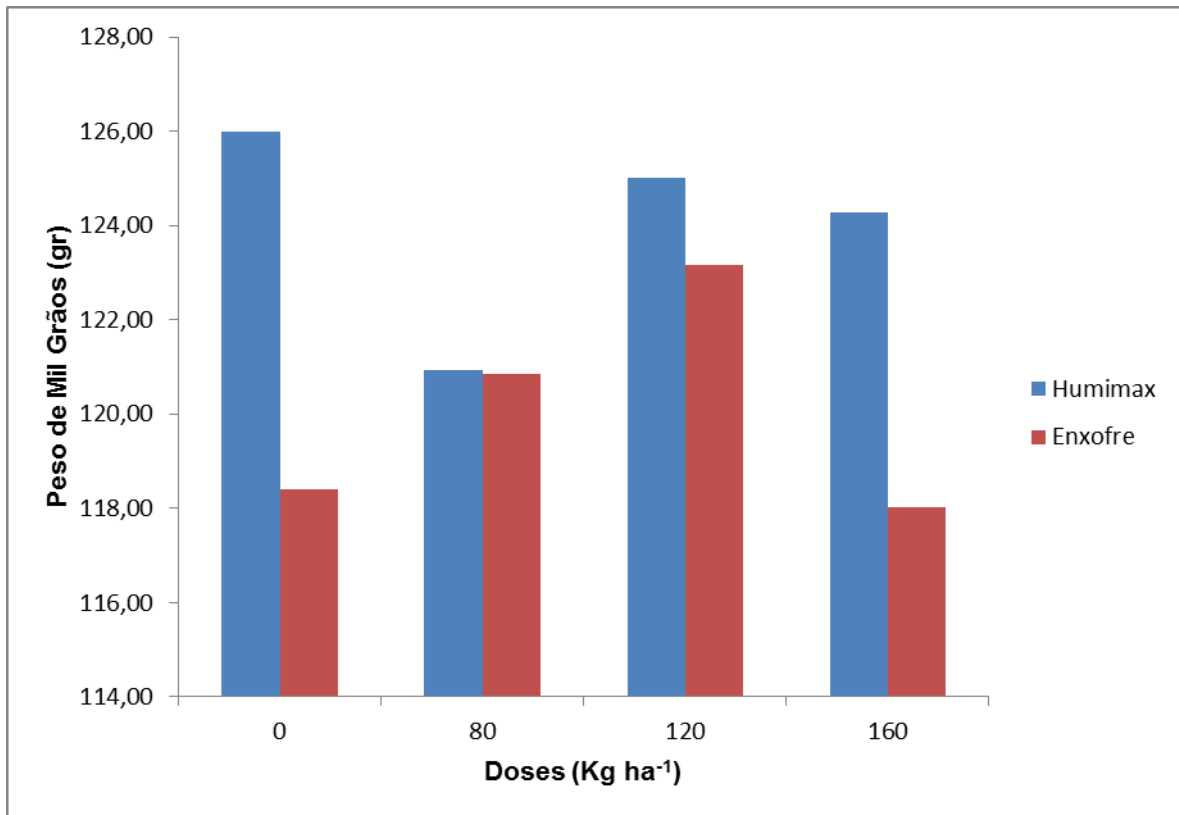
Figura 5 – Área abaixo da curva de progresso da doença do terço médio superior (AACPD Superior) e inferior (AACPD Inferior) da ferrugem asiática em plantas de soja submetidas em diferentes doses de Enxofre Elementar a 99%.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Quando se comparou as diferentes fontes de enxofre no peso de grãos, o tratamento com enxofre elementar mostrou uma menor massa de grãos, em relação ao produto formulado com enxofre a 20%. O enxofre elementar mostrou efeitos pronunciados até a dose de 120 Kg ha⁻¹ e, acima dessa dose, acabou reduzindo a massa de mil grãos (Figura 6). Em alguns casos como, o enxofre propicia melhorias aos grãos, dentre isso o acúmulo do peso, como foi verificado em um trabalho de Stipp; Casarin (2010) que observaram uma melhora significativa no peso das sementes produzidas com a aplicação de enxofre no solo.

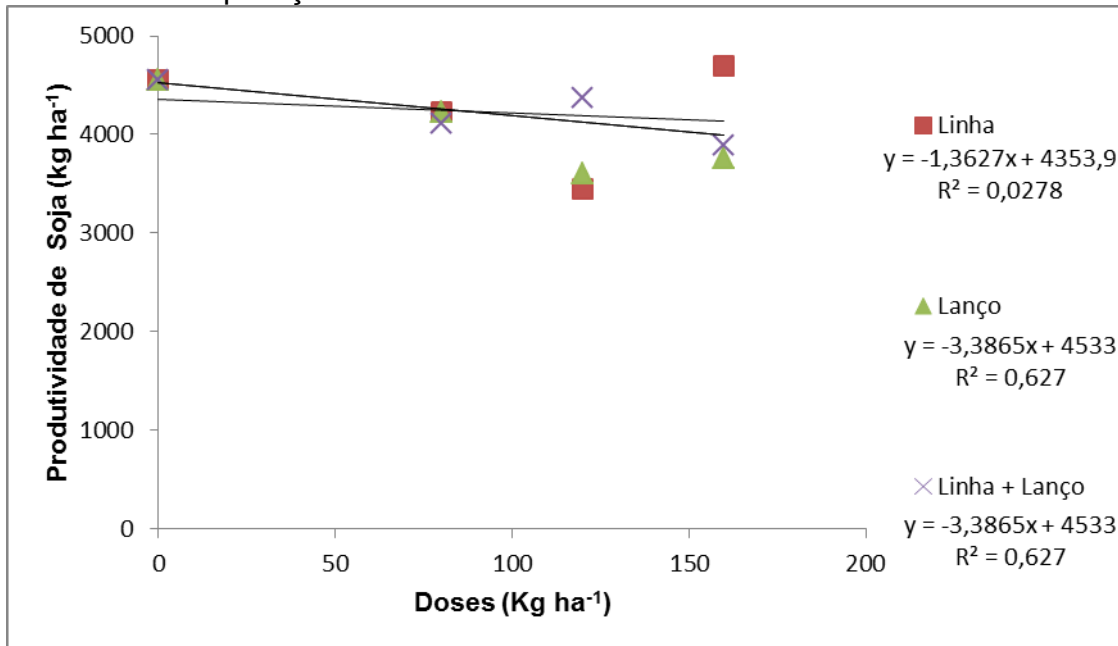
Figura 6 – Massa de mil grãos (MMG) (gr) de plantas de soja submetidas a diferentes doses de um formulado com Enxofre a 20% e do Enxofre Elementar a 99%.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Na produtividade os resultados mostram que houve interação significativa entre as doses e o método de aplicação do enxofre, quando se aplicou o formulado com 20% de S. Conforme se aumentou as doses de enxofre, houve diminuição na produtividade em relação à testemunha com exceção para a aplicação de 160 Kg ha⁻¹ do formulado de enxofre a 20% realizada na linha, sendo que o incremento nesse foi superior a 150 Kg ha⁻¹, mas com um índice de acerto muito baixo na estatística (Figura 7). Pesquisas anteriores mostraram que a utilização de doses de 25 a 75 Kg ha⁻¹ de enxofre um incremento de 100 a 500 Kg ha⁻¹ de produtividade na soja, pois a uma melhor disponibilidade do nutriente a planta (SFREDO; LANTMANN, 2007).

Figura 7 – Produtividade (Kg ha^{-1}) de plantas de soja submetidas a diferentes doses e métodos de aplicação de um formulado com Enxofre a 20%.

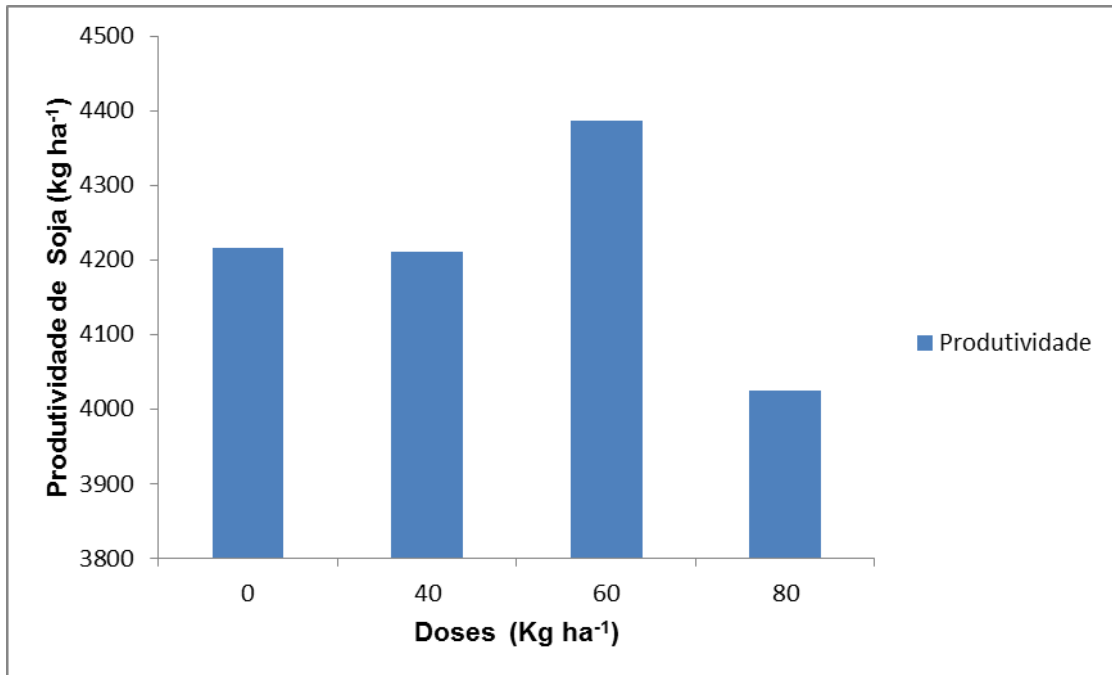


Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

Nas demais doses, independentemente do método de aplicação, os efeitos sobre a variável produtividade também não mostraram diferença em relação à testemunha (Figura 7). Alvarez (2004) em seu estudo também não encontrou resposta da adubação com enxofre no Rio Grande do Sul na cultura da soja e Filho (2006) não encontrou resposta positiva de incremento de produtividade na cultura da canola, que é uma cultura mais exigente em enxofre.

Com a utilização do enxofre elementar a 99% podemos observar que não houve um incremento de produtividade até a dose de 40 Kg ha^{-1} e a dose de 80 Kg ha^{-1} mostrou reduções expressivas da produtividade (Figura 8), chegando diminuir mais de 189 Kg ha^{-1} , quando se usou a maior dose em relação à testemunha. A dose de 60 Kg ha^{-1} mostrou-se a mais eficiente, aumentando em mais de 170 Kg ha^{-1} a produtividade em relação à testemunha. A pesquisa realizada por Vogel (2014) evidenciou um aumento produtivo na soja com a aplicação de 18 Kg ha^{-1} de enxofre contido numa fórmula de adubo comercial, em relação a uma fórmula de adubo sem enxofre, chegando a 480 Kg ha^{-1} de grãos de soja, mostrando que a aplicação de enxofre na cultura da soja é favorável na obtenção de incremento de produtividade.

Figura 8 – Produtividade (Kg ha^{-1}) de plantas de soja submetidas a diferentes doses de Enxofre Elementar a 99%.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2016.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A aplicação de enxofre, independente do método, diminui a severidade da ferrugem à medida que se aumenta as doses, apenas quando a fonte foi o Enxofre Elementar a 99%, mas deve ser utilizado como um auxílio ao produtor no controle da ferrugem asiática na soja.

Todas as doses do formulado de enxofre a 20% e a maior dose do Enxofre Elementar a 99% interferiram negativamente na massa de mil grãos.

Na variável produtividade, o uso de doses menores não interfere na produtividade, o que não foi observado com a dose de 60 Kg ha⁻¹ onde evidenciou um aumento de 170 Kg ha⁻¹ de grãos de soja em relação à testemunha.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALVAREZ, J. W. R. **Disponibilidade e resposta de culturas ao enxofre em solos do Rio Grande do Sul**. 2004. 84 f. Dissertação (Mestrado em Ciências do solo) – Faculdade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2004.

ASSOCIAÇÃO DE PRODUTORES DE SOJA DO BRASIL. **Uso diversificado da soja**. Disponível em: < <http://aprosojabrasil.com.br/2014/sobre-a-soja/uso-da-soja/>> Acessado dia: 10 nov 2016.

BRASIL - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Regras para análise de sementes**. Secretaria de Defesa Agropecuária. Brasília. DF, 399 p. 2009.

BISSANI, C. A. **Disponibilidade de S para as plantas em solos do Rio Grande do Sul**. 1985. 198p. Tese (Mestrado em Agronomia) Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1985.

BORKERT, C. M.; YORINORI, J. T.; CORRÊA-FERREIRA, B. S.; ALMEIDA, A. M. R.; FERREIRA, L. P.; SFREDO, G. J. Seja o doutor da sua soja. **Informações Agronômicas**. nº 66, p.17, junho 1994.

BORRMANN, D. **Efeito do déficit hídrico em características químicas e bioquímicas da soja e na degradação da clorofila, com ênfase na formação de metabolitos incolores**. 2009. 107p. Tese (Doutorado em Ciência dos Alimentos) - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

CAMARGO, C. E.; VEIGA, A. A.; PESSINI, A. L.; MONTEIRO, D. A. **Fertilidade do trigo. VII – Experiências com N, P, K e S em diferentes tipos de solos do estado de São Paulo**. *Bragantia*, Campinas, v.34, n.18, p. 273-286, 1975.

CÂMARA, G. M. S. Fixação Biológica de Nitrogênio em Soja. **Informações Agronômicas**. International Plant Nutrition Institute – Brasil. n. 147 p. 32, Setembro, 2014.

CONAB, Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento safra brasileira grãos**, v.2 - Safra 2015/16, n.1 - Segundo Levantamento, Brasília, p. 1-156, Novembro, 2016.

CHAGAS. Ivaldir Donizetti das. **Os impactos do agroquímicos sobre o meio ambiente**. Disponível em: <<http://meuartigo.brasilescuela.uol.com.br/biologia/os-impactos-agroquimicos-sobre-meio-ambiente.htm>> Acessado em: 10 Out, 2016.

DALL'AGNOL, A. **Realidade e perspectivas do Brasil na produção de alimentos e agroenergia, com ênfase na soja 2008**. Disponível em: <<http://www.agrolink.com.br/colunistas/ColunaDetalhe.aspx?CodColuna=3271.>> Acessado em: 20 jan. 2016.

DHINGRA, O. D., MENDONÇA, H. L.; MACEDO, D. M.; **Tecnologias de produção e uso da soja. Capítulo 12.** Londrina, PR, p. 133-155, Mecenas, 2009.

DOMINGUES, M. R.; BUZETTI, S.; ALVES, M. C.; SASSAKI, N. **Doses de enxofre e zinco na cultura do milho em dois sistemas de cultivo na recuperação de uma pastagem degradada.** Científica, Jaboticabal, v.32, n.2, p. 147-151, 2004.

DOMINGOS, C. S.; LIMA, L. H. S.; BRACCINI, A. L. **Nutrição mineral e ferramentas para o manejo da adubação na cultura da soja.** Scientia Agrária Paranaensis, Marechal Cândido Rondon, v. 14, n. 3, jul/set., p.132-140, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUARIA – EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Soja. Londrina, 2016.

ESPEIN, E; BLOOM, A. **Nutrição mineral de plantas: princípios e perspectivas.** 2. Ed. Londrina: Planta, 2006

FARIAS, J. R. B.; NEPOMUCENO, A. L.; NEUMAIER, N. **Ecofisiologia da soja.** Circular Técnica 48, Londrina, PR, p. 9, Setembro, 2007.

FILHO, BENJAMIN DIAS OSORIO. **Dinâmica de enxofre no sistema solo e resposta das culturas à adubação sulfatada.** Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Santa Maria-UFSM. Santa Maria, RS. 2006.

GOMES, Pimentel. **Fruticultura Brasileira.** Ed. Nobel. 634 p. 1972.

GODOY, C.V.; KOGA, L. J.; CANTERI, M.G. **Diagrammatic scale for assessment of soybean rust severity.** Fitopatologia Brasileira, v.31, p.63- 68, 2006.

GODOY, C.V.; ALMEIDA, A. M. R.; SOARE, R. M.; SEIXAS, C. D. S.; DIAS, W. P.; MEYER, M. C.; COSTAMILAN, L. M.; HENNING, A. A.; **Doenças da Soja.** Sociedade brasileira de fitopatologia, Embrapa soja, Londrina, PR, p. 32, 2014.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATISTICA. **Rendimento médio das safras 2015/2016.** Disponível em: www.ibge.com.br/estatistica/indicadores/agropecuario, Janeiro, 2016.

MAFFIA, A. L. **Programa para cálculo de área abaixo da curva do progresso da doença (AACPD) GW-BASIC 3.20.** Viçosa: UFV, 1986.

MALAVOLTA, Eurípedes. **Futuro da nutrição de plantas tendo em vista aspectos agrônômicos, econômicos e ambientais.** International Plant Nutrition Institute. Informações agrônômicas. n° 121, Março, 2008.

MALAVOLTA, Eurípedes. **Nutrição mineral e adubação na soja.** Ultrafertil, Departamento de Serviços Técnicos Agrônômicos, 1978. 40p.

MELO, R. W. **Parametrização de modelo para estimação da produtividade da soja nas regiões do Planalto Médio, das Missões e do Alto Vale do Uruguai, Rio Grande do Sul.** 2005. 196 f. Tese (Doutorado em Agronomia), Escola Superior de Agricultura Luis de Queiroz. Piracicaba.

- NEVES, L. O. **Estimativa dos fluxos de massa e energia em uma cultura de soja no Rio Grande do Sul**. Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais, 83 f. Minas Gerais, 2011.
- NOJOSA, G.B.A.; RESENDE, M.L.V., BARGUIL, B.M.; MORAES, S.R.G. & VILAS BOAS, C.H. **Efeito de indutores de resistência em cafeeiro contra a mancha de Phoma**. Summa Phytopathologica, v.35, n.1, p.60-62, 2009
- PRADO, R. M.; FRANCO, C. F.; ALINE, A. P. **Deficiência de macronutrientes em plantas de soja cv. BRSMG 68 (Vencedora) cultivada em solução nutritiva**. Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Comunicata Scientiae, Jaboticabal, 2010.
- PRIMO, J. P.; SILVA, C. A. T.; FERNANDES, F. C. S. Efeito da adubação em enxofre na cultura da soja. **Cultivando o Saber**. v.5, n.3, p.74-80, 2012.
- RESENDE, J. T. V.; MORALES, R. G. F.; RESENDE, F. V.; CARMINATTI, R.; BERTUZZO, L. L. C.; FIGUEIREDO, A. S. T. **Aplicação complementar de enxofre em diferentes doses na cultura do alho**. Universidade Estadual do Centro-Oeste. 5 f. Brasília, 2011.
- REZENDE, P. M.; CARVALHO, E. R.; SANTOS, J. P.; ANDRADE, M. J. B.; ALCANTATA, H. P. **Enxofre aplicado via foliar na cultura da soja**. Universidade Federal de Lavras – Departamento de Agricultura, 5 f. Lavras, 2009.
- SALINAS, A. P. R. **Respostas fisiológicas que caracterizam o comportamento de diferentes cultivares de soja na deficiência hídrica**. Pesquisa agropecuária Brasileira, v.31, n. 5, p 331-338, 1996.
- SEDIYAMA, T et al. **Tecnologias de produção e uso da soja**. Londrina, PR, Mecenas, p. 314, 2009.
- SFREDO, G. J.; LANTMANN, A. F. Enxofre: nutriente necessário para maiores rendimentos da soja. **Embrapa Circular técnica 53**. Londrina, PR, p. 6, Setembro, 2007.
- SILVA, A. N.; FIORIN, J.E.; REBELATO, S. S.; NOWICKI, A.; COLLING, A.; **Diagnostico dos teores de enxofre extraível no solo das áreas de agricultura de precisão do Rio Grande do Sul**. Resumo - XXXIV Congresso Brasileiro de ciência do solo. Universidade de Cruz Alta, Cruz Alta, RS, p. 4, 2013.
- STIPP, SILVIA REGINA; CASARIN, VALTER. **A importância do enxofre na agricultura brasileira**. International Plant Nutrition Institute. Informações agrônômicas. n° 129, Março, 2010.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3. ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 2004.
- UGALDE, M. G. **Controle de ferrugem asiática na cultura da soja**. 2005. 79 f. Dissertação de Mestrado (Programa de Pós-Graduação em Agronomia) – Faculdade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2005.

United States Department of Agriculture. **Dairy: World Markets and Trade**. Disponível em: <<http://apps.fas.usda.gov/psdonline/circulars/dairy.pdf>> Acessado em: 10 Out, 2016.

VITTI, G. C.; OTTO, R.; SAVIETO, J. Manejo do Enxofre na Agricultura. **Informações Agronômicas**. International Plant Nutrition Institute – Brasil. n. 152 p. 32, Dezembro, 2015.

VOGEL, Pedro Toigo. **Estratégias de aplicação e fontes de fertilizantes na cultura da soja**. Dissertação de Mestrado. Santa Maria, RS, p. 56, 2014.

YAMANDA, T.; LOPES, A. S. **Balanço de nutrientes na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafós, 1998. (Informações Agronômicas, 84).

ZAMBOLIM, L.; VENTURA, J. A.; JUNIOR, L. A. Z. **Efeito da nutrição mineral no controle de doenças de plantas**. Universidade Federal de Viçosa – Departamento de Fitopatologia, Viçosa, MG, 327. p, 2012.