

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA
VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**FITOTOXICIDADE DE HERBICIDAS EM FUNÇÃO
DO MANEJO DE NITROGÊNIO NO MILHO**

PAULO CÉSAR ENDRIGO

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, julho de 2015

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
FACULDADE DE AGRONOMIA E MEDICINA
VETERINÁRIA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

**FITOTOXICIDADE DE HERBICIDAS EM FUNÇÃO
DO MANEJO DO NITROGÊNIO NO MILHO**

PAULO CÉSAR ENDRIGO

Orientador: Prof. Dr. Mauro Antonio Rizzardi

Coorientador: Dr. Lisandro Rambo

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Faculdade de Agronomia e Medicina Veterinária da UPF para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Área de concentração em Produção Vegetal.

Passo Fundo, julho de 2015

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a Dissertação.

“Fitotoxicidade de herbicidas em função do manejo do nitrogênio no milho.”

Elaborada por

Paulo Cesar Endrigo

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Mestre em
Agronomia – Produção Vegetal

Aprovada em: 14/07/2015
Pela Comissão Examinadora



Dr. Mauro Antônio Rizzardi
Presidente da Comissão Examinadora
Orientador



Dr. Paulo Régis F. da Silva
UFRGS



Dr. Mércio Luiz Strieder
Embrapa Trigo



Dra. Simone Meredith Scheffer Basso
Coordenadora PPGAgro



Dr. Hélio Carlos Rocha
Diretor FAMV

CIP – Catalogação na Publicação

E56f Endrigo, Paulo César
Fitotoxicidade de herbicidas em função do manejo do
nitrogênio no milho / Paulo César Endrigo. – 2015.
97 f. ; 25 cm.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) –
Universidade de Passo Fundo, 2015.
Orientador: Prof. Dr. Mauro Antonio Rizzardi.

1. Agronomia. 2. Grãos - Doenças e pragas. 3. Milho
- Doenças e pragas. 4. Herbicidas. I. Rizzardi, Mauro
Antonio, orientador. II. Título.

CDU: 633.15

Catalogação: Bibliotecária Jucelei Rodrigues Domingues - CRB 10/1569

BIOGRAFIA DO AUTOR

Paulo César Endrigo nasceu em 16 de dezembro de 1980 na cidade de Vila Maria, Rio Grande do Sul. Em 2008 concluiu o curso de Agronomia pela Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS). No ano de 2009, foi contratado pela empresa Dupont Pioneer na área de pesquisa de milho. No ano de 2012 ingressou como aluno especial de mestrado na Universidade de Passo Fundo (UPF) e em 2013 ingressou no Mestrado em Agronomia do Programa de Pós Graduação em Agronomia – UPF. Para a obtenção do título de Mestre em Agronomia, desenvolveu trabalhos de pesquisa referentes a fitotoxicidade de herbicidas em milho.

“Há quatro qualidades que gosto muito de ver nas pessoas: primeiro, entusiasmo e coragem; segundo, um rosto adornado com sorriso e um semblante radiante; terceiro, que vejam todas as coisas com seus próprios olhos e não através dos olhos dos outros; quarto, a habilidade de levar uma tarefa, uma vez iniciada, até o fim!”

(Bahá'u Ilaáh)

Dedico à minha família e aos meus pais.

AGRADECIMENTOS

À Deus, pela força e por me acompanhar em todas etapas desta caminhada.

À minha esposa Sandra e minha filha Ana Laura pela compreensão, amor, carinho e ajuda, para sempre continuar a luta e não desistir do estudo, mesmo nos momentos de cansaço.

Aos meus pais Claudir e Inês, pela educação dada e apoio desde o início de minha formação acadêmica e pós-graduação.

À minha avó e madrinha Maria, pelo carinho, educação e conversas nas horas que estive ao seu lado.

À minha irmã Simone e ao meu cunhado, pelo companheirismo e amizade.

Ao professor Paulo Regis Ferreira da Silva, pela orientação de pesquisa na graduação, incentivo à pesquisa, amizade e honestidade.

Ao professor e orientador Mauro Antonio Rizzardi, pela orientação e compreensão nestes anos de pós graduação e amizade.

Ao Lisandro Rambo, Mércio Luiz Strieder, Vladirene Macedo, grandes amigos e incentivadores durante a realização desse trabalho.

Aos colegas Junior Sartori, Leandro Costa e Mauricio Tres, pela amizade e colaboração quando da instalação dos ensaios.

Aos colegas da Empresa Dupont Pioneer, pela amizade, compreensão, companheirismo nos momentos difíceis, especialmente ao Alan Batisti, Jacso Dellay, Joelito Zatti, Marcelo Costa e Martim Severo.

À Dupont Pioneer, pelo auxílio financeiro, em especial à Ana Beatriz Locateli, pelo incentivo ao estudo, compreensão e amizade.

A Universidade de Passo Fundo, por proporcionar um ensino de qualidade, digno para formar excelentes profissionais.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	x
LISTA DE QUADROS	xiii
RESUMO	1
ABSTRACT	4
1 INTRODUÇÃO	6
2 REVISÃO DE LITERATURA	13
CAPÍTULO I	22
RESUMO	22
ABSTRACT	24
1 INTRODUÇÃO	26
2 MATERIAL E MÉTODOS	30
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
4 CONCLUSÕES	52
CAPÍTULO II	53
RESUMO	53
ABSTRACT	55
1 INTRODUÇÃO	57
2 MATERIAL E MÉTODOS	61
3 RESULTADOS E DISCUSSÃO	65
4 CONCLUSÕES	82
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS	83
REFERÊNCIAS	85
APÊNDICES	98

LISTA DE TABELAS**CAPÍTULO I – Rendimento de grãos e características agronômicas do milho sob efeito de herbicidas, épocas e métodos de aplicação de nitrogênio**

Tabela		Página
1	Fitotoxicidade de herbicidas no milho 7, 14 e 21 dias após aplicação de herbicidas (DAH), na média de dois experimentos, em função do efeito simples de ano, de herbicidas, de época e de métodos de aplicação de nitrogênio	38
2	Estatura de planta e altura de inserção de espigas, na média de dois experimentos, em função de ano, de herbicidas, e épocas e de métodos de aplicação de nitrogênio.	40
3	Características agronômicas de milho na média de dois experimentos, em função de ano, de herbicidas, de épocas e de métodos de aplicação de nitrogênio.	42
4	Rendimento de grãos e componentes de milho na média de dois experimentos, em função de ano, de herbicidas, de épocas e de métodos de aplicação de nitrogênio.	44
5	Fotossíntese total (FT) e quântica (QY) 14 dias após a aplicação de herbicidas (DAH), em função de época de aplicação de N em cobertura e de herbicidas.	47
6	Fotossíntese total (FT) 21 dias após a aplicação dos herbicidas (DAH) em função de épocas de aplicação de N e herbicidas ou em função de métodos de aplicação de N e herbicidas.	49
7	Fotossíntese quântica (QY) na planta de milho aos 7, 14 e 21 dias após aplicação dos herbicidas (DAH), em função de herbicidas, época e método de aplicação de nitrogênio.	50

CAPITULO II – A época de aplicação do nitrogênio afeta a fitotoxicidade de herbicidas em milho

Tabela		Página
1	Fitotoxicidade 7, 14 e 21 dias após a aplicação de herbicidas (DAH) e massa seca (MS) da parte aérea no estádio V ₈ do milho, na média dos dois experimentos, em função de herbicidas e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura.	66
2	Teor relativo de clorofila na folha de milho 7, 14 e 21 dias após a aplicação de herbicidas (DAH), na média de dois experimentos em função de herbicidas e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura.	68
3	Fotossíntese total (FT) na planta de milho 7, 14 e 21 dias após a aplicação do herbicida (DAH), na média de dois experimentos em função de herbicidas e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura.	69
4	Fotossíntese quântica (QY) na planta de milho 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas (DAH), na média de dois experimentos, em função de herbicidas e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura.	70
5	Fitotoxicidade 7 dias após aplicação dos herbicidas (DAH) na interação de híbridos e herbicidas.	74
6	Fitotoxicidade 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas (DAH) e massa seca (MS) da parte aérea no estádio V ₈ do milho, em função de híbridos, herbicidas e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura.	76
7	Teor relativo de clorofila na planta de milho 7, 14 e 21 dias após a aplicação do herbicida (DAH), em função de híbridos, herbicidas e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura.	77

Tabela		Página
8	Fotossíntese total (FT) na planta de milho 7, 14 e 21 dias após aplicação dos herbicidas (DAH), em função de híbridos, herbicidas e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura.	79
9	Fotossíntese quântica (QY) na planta de milho 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas (DAH) em função de híbridos, herbicidas e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura.	81

LISTA DE QUADROS**CAPÍTULO I – Rendimento de grãos e características agronômicas do milho sob efeito de herbicidas, épocas e métodos de aplicação de nitrogênio**

QUADRO		Página
1	Dados meteorológicos de outubro a abril de cada ano de estudo	31
2	Mecanismo de ação e doses dos herbicidas utilizados nos experimentos	33

FITOTOXICIDADE DE HERBICIDAS EM FUNÇÃO DO MANEJO DO NITROGÊNIO NO MILHO

PAULO CÉSAR ENDRIGO¹

RESUMO - O ciclo do milho (*Zea mays*) possui etapas de desenvolvimento nas quais se busca manter sua sanidade e adequada demanda nutricional. Porém, pelo rápido desenvolvimento da cultura, as etapas de manejo ocorrem em curto intervalo de tempo que, muitas vezes, coincidem com a aplicação simultânea de herbicidas e fertilizantes. Esta pesquisa tem como objetivo avaliar a interação de herbicidas pós-emergentes, épocas e métodos de aplicação da adubação nitrogenada em cobertura na fitotoxicidade e no rendimento de grãos da cultura do milho. Foram instalados dois experimentos a campo nos anos de 2012 e 2013 e em casa de vegetação no ano de 2014 (Experimento I e II). O delineamento experimental foi de blocos casualizados, arranjos em parcelas sub-subdividas (campo) e sub-divididas (casa de vegetação), com quatro repetições. No experimento a campo, a parcela principal constou de herbicidas (nicosulfuron, mesotriona e tembotriona) e testemunha (glifosato), as sub parcelas constaram de épocas de manejo de nitrogênio (N) (7 dias antes da aplicação dos herbicidas – 7 DA, no dia da aplicação dos herbicidas - ND e 7 dias depois da aplicação dos herbicidas – 7 DD) e nas sub-subparcelas avaliou-se o método de manejo de nitrogênio (N) (incorporado ao solo ou distribuído a lanço, em cobertura). No Experimento em casa de vegetação usou-se os mesmos herbicidas e épocas de aplicação do N no Experimento I e no Experimento II

¹Eng. Agrônomo, mestrando do programa de Pós Graduação em Agronomia (PPGAgro) da FAMV/UPF, área de concentração de Produção Vegetal.

adicionou-se o híbrido P1630H. As análises das variáveis respostas indicaram redução de fitotoxicidade com o desenvolvimento da cultura, independentemente de tratamentos, tornando-se inexistente aos 21 dias após aplicação de herbicidas (DAH). Os efeitos dos tratamentos na fotossíntese total iniciaram a partir aos 14 DAH. O peso de grãos por espiga e matéria seca (MS) da parte aérea no estágio V₈ incrementou quando foi aplicado nitrogênio (N) aos 7 DD. A altura de planta foi menor em função do uso do mesotriona e a inserção de espiga maior quando a época de aplicação de N foi realizada 7 DD. O rendimento de grãos não foi afetado pelos herbicidas e método de aplicação de N e aumentou quando a época de aplicação de N foi realizada aos 7 DD. A incorporação de N reduziu fitotoxicidade de herbicida quando comparado com o método a lanço. Em casa de vegetação, os sintomas de fitotoxicidade reduziram com o desenvolvimento da cultura. A MS da parte aérea em V₈ reduziu em função do mesotriona e nicosulfuron e aumentou quando a época de aplicação de N foi realizada ND, mas não diferenciou da aplicação aos 7 DD. A MS da parte aérea em V₈ aumentou para o híbrido P30F53HR em relação ao P1630H. O teor relativo de clorofila reduziu em função dos herbicidas e a fotossíntese total (FT) aumentou para o híbrido P1630H a partir aos 14 DAH. A fotossíntese quântica (QY) aumentou para o híbrido P30F53HR aos 14 DAH. O uso do clorofilômetro e fluorômetro serviram de parâmetro para confirmar danos foliares causados por herbicidas e medir a eficiência taxa fotossintética nas plantas. Os resultados da casa de vegetação confirmaram os resultados de campo, uma vez que a cultura

apresentou, em ambas as situações, potencial de recuperação após danos foliares causados por herbicidas.

Palavras-chave: Controle químico, mesotriona, tembotriona, Nicosulfuron.

**PHYTOTOXICITY HERBICIDES DEPENDING ON THE
MANAGEMENT AND NITROGEN TING APPLICATION IN
CORN**

ABSTRACT - The cycle of maize (*Zea mays*) has stages of development in which is sought to maintain its healthiness and proper nutritional demand. However, because of the rapid development of culture, the management steps occur in short time interval and that often coincide with the simultaneous application of herbicides and fertilizers. This research aims to evaluate the interaction of post-emergent herbicides, and nitrogen fertilizer application methods on phytotoxicity and side-dressing on grain yield of maize culture. Two field experiments were established in the years 2012 and 2013 and in greenhouse in the year 2014 (Experiment I and II). The experimental design was of randomized blocks, arranged in split-split plots (field) and sub-divided (greenhouse), with four replicates. In the field experiment, the main plot consisted of herbicides (nicosulfuron, mesotrione and tembotrione) and check (glyphosate), the split-plot consisted of handling times of nitrogen (N) (7 days prior to the application of herbicides-7 DA, on the day of application of herbicides-ND and 7 days after application of herbicides-7 DA) and the split-split plots evaluated the management method of nitrogen (N) (incorporated into the soil or distributed to throw, in side-dressing). In the greenhouse experiment there were used the same herbicides and times of experiment I and experiment II added the P1630H hybrid. The analyses of replies indicated reduction of phytotoxicity with the development of culture, regardless of treatment, becoming non-

existent to 21 days after application of herbicides (DBH). The effects of the treatments on photosynthesis began from total to 14 DBH. The grain weight per ear and dry matter (DM) of the shoot at the stadium when nitrogen was applied increased V₈ (N) to 7 DA. The plant height was lower in relation to the use of mesotrione and insertion of ear greater when the time of N application was held 7 DA. yield grains was not affected by herbicides and application method of N and increased when the application of N was held to 7 DA. The incorporation of N reduced herbicide phytotoxicity when compared with the method to injected or surface applied. In the greenhouse, the symptoms of phytotoxicity reduced with the development of culture. The MS from the shoot in V₈ reduced in function of mesotrione and nicosulfuron and increased when the time of N application was performed but not ND differentiated from application to 7 DA. The MS from the shoot in V₈ increased to the hybrid P30F53HR with respect to P1630H. The chlorophyll relative content reduced in function of herbicides and the total photosynthesis (TF) increased to P1630H from hybrid to 14 DBH. Quantum photosynthesis (QF) increased for the hybrid to 14 P30F53HR DBH. The use of the chlorophyll and fluorometer served to confirm foliar damage caused by herbicides and measure the photosynthetic rate efficiency in plants. The results of the greenhouse confirmed the field results, once the culture presented, in both situations, potential for recovery after foliar damage caused by herbicides.

Keywords: Chemical Control, mesotrione, tembotrione, nicosulfuron.

1 INTRODUÇÃO GERAL

O milho é o cereal de maior volume no mundo, com aproximadamente 965 milhões de toneladas na safra 2013/14. Os Estados Unidos, China, Brasil e Argentina são os maiores produtores, com 70% da produção mundial. No Brasil, a área agrícola é de 52,8 milhões de hectares, sendo aproximadamente 5,5 milhões de imóveis rurais e a produção total de grãos ao redor de 195 milhões de toneladas de milho, ganhando destaque no cenário agrícola mundial (FAOSTAT, 2014), especialmente a partir das 2 últimas décadas.

No Brasil, a área cultivada de milho na safra 2013/2014 foi de 15,12 milhões de hectares e produção de 82 milhões de toneladas (CONAB, 2014). A produtividade média brasileira é de 5.400 kg ha^{-1} , considerada baixa em comparação com outros países como os Estados Unidos. Porém, ao se considerar a média de 10 anos atrás, cerca de 3.400 kg ha^{-1} , o Brasil tem aumentado a produtividade em taxa de 5% ao ano. Este índice é superior ao da soja, que neste mesmo período aumentou a produtividade entre 1,6 e 1,8% ao ano (CONAB, 2014). O consumo mundial de milho nas últimas cinco safras, aumentou 12%, o que representa 93 milhões de toneladas. Este aumento se deve principalmente ao aumento de consumo de carne (frango, suíno e gado) pela população, na qual o milho faz parte da cadeia alimentar, e produção de biocombustíveis.

A cultura do milho é altamente responsiva ao manejo utilizado, como ajustes no espaçamento entrelinhas, população de plantas, doses e épocas de aplicação de nitrogênio (N) e controle de

plantas daninhas. No que se refere às plantas daninhas, observa-se a crescente infestação destas plantas, as quais interferem no desenvolvimento e na produtividade do milho. O manejo e controle inadequados ocasionam a competição por água, luz e nutrientes com a cultura, o que afeta o potencial de rendimento e a lucratividade na lavoura (FLECK et al., 2001).

A redução do rendimento de grãos da cultura, devido à competição estabelecida com plantas daninhas, é de até 70% do potencial de rendimento, e varia em função de espécie e grau de infestação, tipo de solo, condições meteorológicas do período, bem como do espaçamento, cultivar e do estado fenológico da cultura em relação à convivência com as plantas daninhas (KOZLOWSKI, 2002).

O milho apresenta elevada capacidade em absorver e utilizar água e nutrientes, além de possuir alto potencial de utilização da radiação solar (RAJCAN & SWANTON, 2001). No entanto, a presença de plantas daninhas desde a fase inicial de desenvolvimento da cultura acarreta perdas de rendimento. Outro fator importante é a dificuldade na operação da colheita, o que afeta o produto final, além de ser hospedeiros intermediários de patógenos, insetos e nematóides e, em consequência reduzir o rendimento de grãos (BALBINOT JUNIOR & FLECK, 2005).

O manejo de plantas daninhas em lavoura de milho tem se mostrado um desafio na agricultura moderna. Com o surgimento de novas tecnologias, novos produtos químicos e desafios de incrementar a produtividade da cultura do milho, cada manejo adotado na lavoura deve ser planejado antecipadamente de forma que o agricultor tenha eficiência e resultados finais coerentes com seu investimento. O

manejo adequado da cultura é ponto determinante para potencializar rendimento de grãos. Para isso, é preciso planejar adequadamente o momento de aplicação do herbicida juntamente com o melhor momento da adubação nitrogenada em cobertura, de modo que a planta não perca potencial produtivo pela fitotoxicidade de herbicidas. O sistema de aplicação dos insumos nitrogenados em cobertura é outra prática de manejo que pode ser utilizado para evitar perdas por volatilização de nitrogênio aumentando a eficiência do uso do N. Um melhor ajuste no momento de aplicação de cada produto faz-se necessário de forma que variações climáticas não seja empecilho de potencializar rendimento da cultura, para isso, novas pesquisas são necessárias para gerar resultados científicos abrangendo uso de herbicidas, épocas de aplicação e sistema de adubação de N em cobertura.

As perdas na produtividade do milho ocasionadas pela interferência das plantas daninhas podem atingir níveis elevados. Dependendo do tempo e da intensidade de convivência, os efeitos da interferência são irreversíveis, não havendo recuperação do desenvolvimento ou da produtividade da cultura após a retirada do estresse causado pela presença das plantas daninhas (Kozlowski, 2002). A redução da produtividade do milho devido à interferência estabelecida pelas plantas daninhas pode variar entre 10 e 90%, dependendo do grau de interferência, que é dependente de fatores ligados à cultura, à comunidade infestante e ao ambiente, e da época e duração do período de convivência entre a planta daninha e a cultura (Williams, 2006).

O controle químico de plantas daninhas tornou-se frequente e intenso o uso de herbicidas, sobretudo em consequência de sua eficácia e viabilidade de custos (JAKELAITIS et al., 2005). O herbicida utilizado deve ser preferencialmente seletivo para a cultura e não causar injúrias às plantas de milho, tanto na parte aérea quanto no sistema radicular, visto que inúmeras condições de uso causam distintos efeitos fitotóxicos e redução de produtividade (NICOLAI et al., 2006).

A seletividade de herbicidas é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas nas diferentes culturas, sendo considerada medida da resposta diferencial de diversas espécies de plantas ou de genótipos a determinado herbicida. Quanto maior a diferença de tolerância entre a cultura e a planta daninha, maior a segurança de aplicação.

Entre os fatores determinantes da seletividade encontram-se: i) características dos herbicidas, como dose, formulação, método de aplicação, localização espacial ou temporal do herbicida em relação à planta; ii) características das plantas como seletividade associada à retenção e a absorção diferencial, como idade das plantas, cultivar, tamanho da semente ou estrutura de propagação vegetativa e iii) uso de antídotos (OLIVEIRA JR., 2001a).

Para o milho, entre as alternativas de manejo de plantas daninhas, destacam-se os herbicidas pós-emergentes do grupo das sulfoniluréias, como o nicosulfuron. Os herbicidas deste grupo inibem a acetolactato sintase (ALS), a primeira enzima comum à rota de biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada, valina, leucina e isoleucina, em plantas e microrganismos (RODRIGUES &

ALMEIDA, 2011). A seletividade dos herbicidas sulfoniluréias baseia-se nas taxas distintas de metabolização dos mesmos pelas plantas e nas velocidades de absorção e translocação nos vegetais (SPADER & VIDAL, 2001).

Além daquele herbicida, o mesotriona e o tembotriona são herbicidas utilizados no milho e pertencem ao grupo químico das tricetonas. Estes, atuam nas plantas daninhas pela inibição da síntese de carotenóides, mais especificamente por reduzirem a atividade da enzima 4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenase (HPPD), presente nos cloroplastos (JOHNSON et al., 2002).

Outro fator determinante para a produtividade do milho é a adubação nitrogenada. O N presente nos solos ou fornecido via fertilização é absorvido como amônio e nitrato. Subseqüentemente, o N é incorporado para formar ácido glutâmico pela sequêcia de reações catalisadas por enzimas como a glutamina sintetase (GS) e glutamato sintetase (GOGAT). No caso da absorção ocorrer na forma nítrica, também pela nitrato redutase (NR) e nitrito redutase (NIR), enzimas que mediam a redução do NO_3^- (LEA, 1993).

Para a cultura de milho, a recomendação técnica vigente indica intervalo de aplicação de 7 a 10 dias para o caso de alguns herbicidas e de adubos nitrogenados, devendo-se considerar neste intervalo a quantidade e a fonte de nitrogênio aplicadas (LOPEZ-OVEJERO et al. 2003). Os possíveis efeitos fitotóxicos de herbicidas aplicados próximos à adubação nitrogenada são agravados sob condições de estresse térmico e de umidade (PEIXOTO & RAMOS, 2002). Segundo estes autores, em regiões mais frias, a metabolização do herbicida pela cultura é mais lenta, devendo se atentar mais para os

fatores e prazos para os manejos de nitrogênio e controle de plantas daninhas.

O N é aplicado ao solo por diferentes métodos, onde os mais usados são a aplicação a lanço na superfície do solo e a incorporação em linhas. Quando a fonte de N é ureia e não ocorrer chuva nos primeiros dias após a aplicação, a incorporação ao solo é importante, pois ocorre formação de amônia e sua liberação para a atmosfera (POTTKER & WIETHELTER, 2004).

A hipótese inicial deste trabalho era que o uso de herbicidas pós-emergentes juntamente com aplicação de nitrogênio no mesmo dia ocasionaria aumento de fitotoxicidade na planta de milho. Este fato poderia gerar um estresse à planta o que afetaria o potencial produtivo de grãos. Da mesma forma, o método de aplicação a lanço, devido o contato do fertilizante com a superfície foliar, geraria aumentos nas lesões foliares.

Poucos estudos foram realizados adotando o uso de herbicidas pós-emergentes e época e métodos de aplicação de N em cobertura no milho. O estudo desta interação se justifica pela coincidência do momento da aplicação do fertilizante e com a época de manejo de plantas daninhas na cultura. Além disso, deve-se considerar o método de aplicação de N em cobertura, uma vez que no sistema a lanço em superfície ocorrem perdas por volatilização em caso de escassez de chuva, além de ocasionar estresse devido ao contato direto com as folhas, quando a superfície destas estiver molhada. Nestas situações a incorporação minimizaria estas perdas e reduziria o estresse na planta.

Com base nesses aspectos, o conhecimento das possíveis interações do uso de herbicidas com o manejo do N gerará subsídios para decidir em qual momento realizar o devido controle de plantas daninhas sem ocorrerem efeitos negativos associados ao uso de N. Do mesmo modo, identificar qual método de aplicação de N é mais adequado a fim de aumentar o potencial de rendimento da cultura e reduzir efeitos de fitotoxicidade de herbicidas a cultura.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi avaliar a existência de interação de herbicidas pós-emergentes, épocas e métodos de aplicação da adubação nitrogenada em cobertura na fitotoxicidade e no rendimento de grãos e outras características agronômicas da cultura do milho.

2 REVISÃO DE LITERATURA

O milho pertence à família Poaceae, originário da América Central e cultivado em praticamente todas as regiões do mundo, tanto em climas úmidos quanto em regiões secas. Trata-se de alimento rico em carboidratos e fonte de óleo, fibras, vitaminas E, B1, B2 e ácido pantotênico, além de minerais, como fósforo e potássio (MATOS et al., 2006). A produção brasileira total de milho na safra 2013/14 situou-se em 80 milhões de toneladas (CONAB, 2014). A área cultivada, considerando-se as duas safras, foi de 15,8 milhões de hectares. Apesar da redução na área total cultivada, a produção cresce devido ao aumento de produtividade. A maior adoção de tecnologia tem sido determinante para os atuais níveis de produtividade que nas últimas temporadas situou-se em 4.961 kg ha^{-1} , cerca de 107% acima dos patamares obtidos nos anos 90, quando a média era de 2.387 kg ha^{-1} .

O milho constitui-se em um dos principais insumos para o segmento produtivo, com destaque no arraçãoamento de animais, em especial na suinocultura, na avicultura e na bovinocultura de leite, tanto na forma “in natura”, como na forma de farelo, de ração ou silagem. Na alimentação humana, o milho é comumente empregado na forma “in natura”, como milho verde, e na forma de subprodutos, como pão, farinha e massas. Na indústria, o milho é empregado como matéria prima para produção de amido, óleo, farinha, glicose,

produtos químicos, rações animais e na elaboração de formulações alimentícias (PINAZZA, 1993).

O milho representa importante papel socioeconômico e encontra-se em posições de destaque no que se refere ao valor da produção agropecuária, área plantada e volume produzido, em especial na regiões Sul, Sudeste e Centro Oeste do Brasil (ANDRADE, 2000; FANCELLI, 2000).

O controle de plantas daninhas é manejo importante a ser adotado para se atingir o potencial de rendimento de grãos da cultura e evitar injúrias as plantas de milho, tanto na parte aérea como no sistema radicular (KOZLOWSKI, 2002). Para Christoffoleti & Mendonça (2001a), os programas de manejo de plantas daninhas na cultura do milho que utilizam herbicidas pós-emergentes aumentaram. O que gera questionamentos: (i) quanto à seletividade e à época de aplicação do herbicida em relação ao estágio fenológico da cultura, pois se o momento de aplicação for inadequado, a produtividade da cultura é reduzida pela injúria causada pelo herbicida e (ii) quanto ao estágio de desenvolvimento da planta daninha, devendo o herbicida ser aplicado no estágio de maior suscetibilidade desta aos herbicidas (CHRISTOFFOLETI & MENDONÇA, 2001a).

Herbicidas de pós-emergência indicados para a cultura do milho são alternativa eficaz no controle quando comparados aos demais herbicidas, pois possibilitam adequação de doses a serem utilizadas, pois as plantas daninhas a serem controladas já emergiram (PORTUGAL, 2013). Com isso haverá menor chance de superestimação de doses, com possibilidade de redução de custos e menor agressividade ao ambiente (FURTADO, 2004).

A redução da eficiência das aplicações de herbicidas em pré-emergência devido à baixa umidade do solo, é um dos fatores limitantes desta modalidade de herbicida (MEROTTO JR. et al., 1997). Diversos estudos estão sendo realizados para avaliar a eficácia de herbicidas aplicados em pós-emergência no milho.

Desde então, herbicidas pós-emergentes apresentam crescimento no mercado nas principais regiões produtoras do Brasil. Além disso, o elevado nível de seletividade apresentado por estas moléculas e sua ampla faixa de controle de plantas daninhas proporcionaram facilidades para o manejo das culturas. No milho, os herbicidas nicosulfuron, mesotriona e tembotriona, juntamente com atrazina, são os herbicidas pós-emergentes utilizados em maior quantidade nas lavouras brasileiras (ROMAN et al., 2007).

O nicosulfuron, do grupo químico das sulfoniluréias, é herbicida sistêmico que se destaca dentre os principais pós-emergentes utilizados na cultura do milho no controle de gramíneas e algumas dicotiledôneas (RODRIGUES & ALMEIDA, 2011). Sulfoniluréias inibem a acetolactatosintase (ALS), a primeira enzima comum a rota de biosíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada, valina, leucina e isoleucina, em plantas e microorganismos (ANDERSON et al., 1998).

A forma de metabolização das sulfoniluréias em espécies tolerantes é a detoxificação rápida, transformando os herbicidas em compostos não fitotóxicos pela ação do citocromo P450 monooxigenase, em reações de hidroxilação e glioxilação (FONNE-PFISTER et al., 1990). Após a absorção, estes herbicidas são rapidamente translocados para áreas de crescimento ativo (meristemas, ápices), onde o crescimento é inibido em plantas

suscetíveis. As plantas acabam morrendo devido à incapacidade de produzir aminoácidos essenciais do metabolismo vegetal (DURNER et al., 1991). Em plantas suscetíveis, ocorre a paralização do crescimento e o desenvolvimento de clorose internerval e/ou arroxamento foliar dentro de sete a 10 dias após aplicação do herbicida. Folhas em emergência podem aparecer manchadas e mal formadas, além haver inibição do crescimento de raízes laterais quando resíduos do produto estão presentes no solo (OLIVEIRA JR et al., 2011).

A tolerância de híbridos de milho aos herbicidas pós-emergentes do grupo das sulfoniluréias é variável, podendo ser elevada em alguns e reduzidas em outros (PORTUGAL, 2013). Na maioria dos híbridos, a tolerância é mais acentuada nos estádios iniciais de desenvolvimento (SPADER & VIDAL, 2001). Segundo hipótese de Spader & Vidal (2001), plantas em estádios mais avançados de desenvolvimento, V₆ a V₁₀, possuem habilidade de interceptar e absorver maior quantidade de herbicida do que aquelas pulverizadas em estádios mais precoces, devido à maior área foliar disponível durante as aplicações de herbicidas. Possivelmente, a intensa atividade fotossintética nestes estádios de desenvolvimento contribui para a elevada translocação do herbicida das folhas aos meristemas.

Portugal (2013) observou maior fitotoxicidade de atrazina e nicosulfuron em milho dos 7 aos 28 dias após a aplicação (DAA). A fitotoxicidade atingiu valores de 6,66 a 3,41%, sendo considerada leve. Resultados semelhantes foram observados por Nicolai et al. (2006), com fitotoxicidade em torno de 7%. Pesquisas indicam que,

independentemente da dose de nicosulfuron aplicada há o aparecimento de lesões leves nas folhas de milho (FAHL & CARELLI, 1997). Sintomas causados por estes herbicidas incluem bordas foliares amareladas, nervuras avermelhadas ou arroxeadas e limbo foliar com manchas amareladas (ROMAN et al., 2007). Em estádios V₃ a V₆, as plantas de milho apresentam maior capacidade de metabolização do nicosulfuron do que nos estádios avançados de desenvolvimento vegetativo. Aplicações de nicosulfuron devem ser realizadas em o milho entre duas a seis folhas expandidas na planta (LÓPEZ-OVEJERO et al., 2003).

Os herbicidas mesotriona e tembotriona são opções de herbicidas pós-emergentes seletivos ao milho, com eficácia em mono e dicotiledôneas (RODRIGUES & ALMEIDA, 2011). Estes herbicidas pertencem ao grupo químico das tricetonas e atuam na inibição da biossíntese de carotenóides nas plantas daninhas. Esta inibição se dá nos cloroplastos, com a inibição da enzima HPPD (4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenase) e posterior geração de estresse oxidativo que destrói membranas celulares e leva as plantas à morte. O caroteno, dentre outras funções, é o pigmento pela proteção da clorofila da foto-oxidação de modo que plantas suscetíveis têm como sintomas o branqueamento de tecidos fotossintéticos. Estes herbicidas são absorvidos pelas folhas e raízes, com translocação apoplasmática (KRUSE, 2001).

Plantas suscetíveis ao mesotriona iniciam com amarelecimento de folhas, três dias após a aplicação, com posterior branqueamento foliar, progredindo para necrose e morte em até duas semanas (JOHNSON & YOUNG, 2002). Os efeitos fitotóxicos na

fisiologia da planta variam com a quantidade de herbicida absorvido e que chega às enzimas ou proteínas específicas, podendo ser o suficiente, ou não, para a fitointoxicação se manifestar (OLIVEIRA JR et al., 2011).

Segundo Ogliari et al. (2014), em plantas tolerantes, a detoxificação das moléculas de herbicidas no interior das células ocorre em fases distintas. Na primeira, muitas enzimas presentes no citoplasma, como o citocromo P450 mono-oxigenases, esterases, amidases, arilacilamidases e nitrilases, adicionam grupos funcionais nas moléculas dos herbicidas ativas para que as enzimas atuem nas fases posteriores. Na segunda fase, os grupos funcionais gerados ou introduzidos nos herbicidas são utilizados como sítios para a realização da conjugação com a glicose, glutamina, aminoácidos/proteínas ou outros compostos orgânicos por meio de enzimas, formando conjugados de baixa toxicidade e mais solúveis no meio intracelular para, em seguida, serem eliminados do citoplasma (OGLIARI et al., 2009).

Johnson et al. (2002) e Nicolai et al. (2006) encontraram injúrias de 0 a 15% no milho, em doses de 120 e 1500 g i.a ha⁻¹ de mesotriona e atrazina, respectivamente. Em outro trabalho, Armel et al. (2003) observaram 8% de injúria, 9% de redução na massa seca e 4% na altura do milho, quando utilizaram 105 g i.a ha⁻¹ de mesotriona. Em milho, o uso de tembotriona ou sua combinação com atrazina provocou poucas lesões até 14 DAH (ZAGONEL & FERNANDES, 2007). Constantin et al. (2006) também observaram fitotoxicidade inicial, caracterizada por clorose, não mais identificada a partir de 13 DAH do tembotriona. Em milho pipoca, Freitas et al. (2009)

encontraram resultados semelhantes de fitotoxicidade no uso de tembotriona.

O tembotriona, quando aplicado em milho com quatro folhas expandidas, promoveu reduzidos sintomas de fitotoxicidade até os 14 DAH e os mesmos sintomas não foram observados após 28 DAH (ZAGONEL & FERNANDES, 2007). A fitotoxicidade observada no milho reduz ao longo do tempo após a aplicação do herbicida, o que demonstra a capacidade dos híbridos de detoxificar as moléculas de herbicidas absorvidas (PORTUGAL, 2013). Contudo, mesmo quando os sintomas não são aparentes, ainda podem ocorrer reduções de produtividade final da cultura, pois, o que é manifestado pela planta, através de lesões foliares, pode ser menos estressante à planta relativamente ao efeito no seu metabolismo (BACHIEGA & SOARES, 2002).

Rios et al. (2010) relatam que os herbicidas mesotriona e tembotriona combinados com atrazina apresentam degradação metabólica rápida, não causam fitotoxicidade e beneficiam a biossíntese de carotenóides, aspecto interessante à produção de milho verde. O milho é tolerante ao mesotriona devido à sua capacidade de metabolizar rapidamente o herbicida e produzir metabólitos sem atividade, o que não ocorre nas plantas daninhas. A combinação mesotriona e atrazina apresenta efeito sinérgico positivo, com a possibilidade de uso de doses menores de ambos, para controle das principais plantas daninhas ocorrentes no milho (BRACHIEGA & SOARES, 2002).

Interações de aplicações simultâneas de herbicidas e nutrientes foram relatados por Devine et al. (1993). Para estes autores,

determinados herbicidas influenciam as rotas metabólicas, direta ou indiretamente relacionadas ao metabolismo de N. No caso de herbicidas do grupo químico das triazinas, a atividade do fotossistema II (FSII) é inibida pelo fato de ocorrer substituição da plastoquinona com a quinona b (Qb). Estudos mostram que a atrazina que substitui a forma oxidada da plastoquinona, ocupa o local de ligação específico no receptor Qb na proteína D1 (KLECZKOWSKI, 1993). Deste modo, como a molécula do herbicida está mais reduzida, não estando apta a receber elétrons, sua ligação bloqueia efetivamente o fluxo de elétrons, inibindo a fotossíntese.

A fitotoxicidade de herbicidas e adubos nitrogenados tem gerado muita discussão, principalmente em função de época de aplicação dos herbicidas, doses, tolerância de híbridos e estágio de desenvolvimento do milho, e as condições meteorológicas no momento da aplicação. Em estudo com milho, não foi observada interação entre os herbicidas atrazina, amônio-glufosinato e fontes de nitrogênio (FLECK et al., 2001). As doses de herbicidas foram reduzidas, aplicadas isoladamente ou combinadas com N, e não afetaram os componentes de rendimento da cultura.

Nicolai et al. (2006) não detectaram interação de tratamentos com herbicidas e intervalos de aplicação de cobertura nitrogenada, na fitotoxicidade, altura de planta, peso de grãos e rendimento. O nitrogênio é o nutriente exigido em maior quantidade e o que mais influencia a produtividade do milho (AMADO et al., 2002), mas também o que onera o custo de produção (SILVA et al., 2001). Na região de cerrado, onde a safrinha já supera os índices de produção de grãos da safra agrícola de milho no Brasil, encontra-se

aproximadamente 40% do total da área cultivada em sistema de plantio direto no país. No entanto, os solos dessa região, principalmente os latossolos, apresentam baixa capacidade de suprimento de N para o milho, em virtude dos seus relativos baixos teores de matéria orgânica. Além disso, a estiagem prolongada na entressafra dificulta o cultivo de adubos verdes como fonte de N (SOUSA & LOBATO, 2002). Por outro lado, a possibilidade de ocorrência de chuvas de alta intensidade pode favorecer perdas de N, principalmente na forma de nitrato, por lixiviação (LARA CABEZA et al., 2000).

O N pode ser aplicado ao solo por diferentes métodos, sendo a aplicação a lanço na superfície e a incorporação em linhas as preferências dos agricultores (PÖTTKER & WIETHÖLTER, 2004). O método de aplicação do N pode influenciar o aproveitamento deste nutriente pelo milho. A aplicação da ureia na superfície do solo, geralmente utilizada pelos produtores na região de cerrado e sul do Brasil, em virtude da facilidade de aplicação e do rendimento operacional, gera elevadas perdas de N pela volatilização de amônia (CANTARELLA, 1993; LARA CABEZAS et al., 1997). Já aplicação de sulfato de amônio a lanço promove injúrias provenientes do contato físico do fertilizante com a superfície das folhas (NICOLAI et al., 2006). No entanto, as perdas deste nutriente podem ser reduzidas quando N é incorporado à superfície, podendo ocasionar aumento no rendimento de grãos (PÖTTKER & WIETHÖLTER, 2004).

CAPÍTULO I

RENDIMENTO DE GRÃOS E CARACTERÍSTICAS AGRONÔMICAS DO MILHO SOB EFEITO DE HERBICIDAS, ÉPOCAS E MÉTODOS DE APLICAÇÃO DE NITROGÊNIO

PAULO CÉSAR ENDRIGO¹

RESUMO - O manejo do nitrogênio (N) e o controle de plantas daninhas são fatores determinantes da produtividade e ocorrem em estádios similares do milho. Assim objetivou-se com o trabalho avaliar a interação de herbicidas, épocas e métodos de aplicação do N no rendimento de grãos e em características agronômicas do milho. Durante dois anos testaram-se herbicidas pós-emergentes (mesotriona, tembotriona, nicosulfuron) e testemunha (glifosato) como parcela principal; épocas de manejo de N sete dias antes da aplicação dos herbicidas (7 DA), no mesmo dia da aplicação dos herbicidas (ND) e sete dias depois da aplicação dos herbicidas (7 DD) como sub-parcela e métodos de aplicação de N (incorporado ou a lanço) como sub-subparcelas. O delineamento experimental foi de blocos casualizados, com quatro repetições. A análise conjunta dos experimentos mostrou fitotoxicidade dos herbicidas até os 14 DAH. Quando a fitotoxicidade foi avaliada em função de épocas e método de aplicação de N o efeito

persistiu até os 21 DAH. O peso de grão por espiga e a massa seca (MS) no estágio V₈ do milho apresentaram incremento no peso quando foi aplicado N 7 DD. A altura de planta reduziu quando foi aplicado mesotriona e a inserção de espiga aumentou quando o N foi aplicado 7 DD. O rendimento de grão aumentou quando a época de manejo do nitrogênio em cobertura foi realizada aos 7 DD. A fotossíntese total e quântica apresentou interação entre herbicidas e época de aplicação de N, herbicidas e métodos de aplicação de N, além do efeito simples dos fatores. Os resultados indicaram não haver efeito negativo nos componentes e rendimento de grãos do milho quando do uso de herbicidas e método de aplicação de N. O rendimento de grãos foi afetado em função da época de aplicação do N em cobertura. A fitotoxicidade ocorreu após a aplicação dos herbicidas e N, porém o seu efeito reduziu com o desenvolvimento da cultura. A incorporação do N diminuiu a fitotoxicidade do herbicida no milho quando comparado a aplicação à lanço.

Palavras chaves: Controle químico, nicosulfuron, mesotriona, tembotriona.

**GRAIN YIELD AND CORN AGRONOMIC
CHARACTERISTICS UNDER EFFECT OF
HERBICIDE PHYTOTOXICITY, TIMES AND
NITROGEN OF APPLICATION METHODS**

ABSTRACT - The management of nitrogen (N) and weed control are factors determining productivity and occur in similar stages of corn. Therefore the objective of this study is to evaluate the interaction of herbicides, periods of application methods of grain yield and agronomic characteristics of maize presented interaction between herbicides and times of application of N, herbicides. During two years post-emergent herbicides were tested (mesotrione, tembotrione, nicosulfuron) and check (glyphosate) as main plot; management of N times seven days prior to the application of herbicides (7 DB), on the same day of application of herbicides (ND) and seven days after application of herbicides (7 DA) as split-plot application method of N (injected or surface applied) as split-split-plots. The experimental design was of randomized blocks, with four replications. The joint analysis of the experiments showed phytotoxicity of herbicides at 14 DBH. When the phytotoxicity was evaluated as function of time of application and application method the effect persisted until 21 DBH. The grain weight per ear and the dry mass (DM) at the V8 growth stage showed increase in corn V8 weight when applied N 7 DAH. The plant height reduced when was applied mesotrione and insertion of ear increased when N was applied 7 DBH. Grain yield increased when the time of nitrogen management in side dressing was held to 7 DBH. The grain weight per ear and the dry mass (DM) at the stadium showed

increase in corn V₈ weight when applied N 7 DA. The plant height reduced when it was applied mesotrione and insertion of ear increased when N was applied 7 DA. Grain yield increased when the time of nitrogen management in coverage was held to 7 DA. The total quantum photosynthesis and methods of application of N, beyond the simple effect of the factors. The results indicate no negative effect on the components and yield of corn grain when using herbicides and N application method Grain yield was affected depending on the time of N broadcasting application. Phytotoxicity occurred after the application of herbicides and N, but its effect has reduced with the development of culture. The incorporation of N decreased herbicide phytotoxicity on maize when compared to application to throw.

Key words: Chemical Control, nicosulfuron, mesotrione, tembotrione.

1 INTRODUÇÃO

O cultivo do milho no Brasil cresce em área e produtividade, especialmente em sistemas de produção tecnificados baseados em semeadura direta, sistemas de rotação de cultura, épocas de semeadura adequadas, adubações equilibradas e utilização de cultivares mais responsivos. Este interesse se relaciona a adequação desta cultura nos sistema de semeadura direta, por proporcionar reciclagem de nutrientes, diminuição de perdas por erosão e redução da incidência de pragas e doenças e plantas daninhas (PINOTTI et al., 2014).

O desenvolvimento de novas moléculas de herbicidas assim como o estudo de sua eficiência agronômica apresentam-se de vital importância, tendo em vista a frequência com que os biótipos de plantas daninhas resistentes a herbicidas surge e prejudica a agricultura. Além do prejuízo na produtividade, ocorrem também danos ao meio ambiente, pelo fato de que maiores doses de químicos são demandadas para o controle destes biótipos resistentes (VIDAL, 1997; ZAGONEL & FERNANDES, 2007).

Herbicidas considerados seletivos causam injurias em função de fatores como época de aplicação, dose, forma de aplicação e manejo da adubação nitrogenada (BRAY et al., 2000). Quando a cultura do milho não expressar sua potencialidade máxima, é provável que esteja sofrendo algum tipo de estresse. Em nível celular e molecular, os estresses aumentam a produção de radicais livres que

danificam as membranas, proteínas e DNA (ARTILIP & WISNIEWSKI, 2002).

Magalhães et al. (2000), ao estudar a fitotoxicidade de herbicidas considerados não totalmente seletivos como cianazina e simazina em milho, concluíram que sua aplicação em pós-emergência, no milho com 4 a 6 folhas expandidas controla as plantas daninhas, porém causa sintomas de fitotoxicidade na cultura.

O controle químico é o mais usado para o manejo de plantas daninhas. Dentre os herbicidas, destacam-se os pós-emergentes como o nicosulfuron, do grupo químico das sulfoniluréias. Os herbicidas deste grupo inibem a acetolactato sintase (ALS), a primeira enzima comum a rota de biossíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada, valina, leucina e isoleucina, em plantas e microrganismos (CHRISTOFFOLETI et al., 2001a; RODRIGUES & ALMEIDA, 2011).

Quando o herbicida encontra-se presente dentro da célula de uma planta suscetível, ocorre inibição não competitiva pelo herbicida com o substrato, de tal maneira que não há a formação do acetolactato, indispensável para que as demais reações prossigam para a formação dos aminoácidos (IDZIAK & WOZNICA, 2013). A paralização da síntese dos aminoácidos interrompe a divisão celular e paraliza o crescimento da planta. A morte das plantas daninhas ocorre dentro de 7 a 21 dias, dependendo do estágio de desenvolvimento da planta na época de aplicação (SPADER & VIDAL, 2001). Aos sete dias após a aplicação do nicosulfuron, os sintomas apresentados por híbridos de milho foram clorose e enrugamento das nervuras das folhas em desenvolvimento (MÔRO & DAMIÃO, 1999). Contudo,

para a aplicação do herbicida nicosulfuron é necessário considerar fatores como: híbrido utilizado, estágio fenológico da cultura no instante da aplicação e intervalo entre a aplicação do herbicida e a adubação nitrogenada de cobertura. Estes fatores quando negligenciados, interferem na sua seletividade e causam fitotoxicidade a cultura (LÓPEZ OVEJERO et al., 2003).

O mesotriona e tembotriona são outros herbicidas pós-emergentes e pertencem ao grupo químico das tricetonas. Atuam nas plantas daninhas inibindo a síntese de carotenoides, mais especificamente, atuando na atividade da enzima 4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenase (HPPD), presente nos cloroplastos. Após a aplicação do mesotriona, o sintoma característico verificado nas espécies suscetíveis é o branqueamento ou amarelecimento da folhagem, que evolui para necrose (LEE, 1997; RODRIGUES & ALMEIDA, 2011).

A tolerância do milho a esse herbicida relaciona-se a sua capacidade de metabolizar o mesotriona, e produzir compostos sem atividade herbicida (JOHNSON et al., 2002). Em algumas situações de campo, são observados sintomas de toxicidade nas plantas de milho, como branqueamento das folhas e paralização de crescimento, após a sua absorção (PROCÓPIO, 2006).

Os efeitos fitotóxicos sobre a fisiologia da planta variam em função da quantidade de herbicida absorvido e que chega as enzimas ou proteínas específicas, podendo ser o suficiente, ou não, para que a fitotoxicidade se manifeste. Plantas tolerantes a herbicidas possuem rotas metabólicas específicas, que previnem possíveis danos causados por esses produtos químicos (YUAN et al, 2006). Após a

absorção, estes herbicidas são rapidamente translocados para áreas de crescimento ativo (meristemas, ápices), onde o crescimento é inibido em plantas suscetíveis (DURNER et al., 1991; IDZIAK & WOZNICA, 2013). A enzima tricetona dos herbicidas mesotriona e tembotriona é responsável na síntese da plastoquinona e sua inibição dá início a sintomas de branqueamento nas folhas que emergem após a aplicação (GROSSMANN & EHRHARDT, 2007; OGLINARI et al., 2014).

O nitrogênio (N) desempenha papel estrutural no metabolismo vegetal, pois faz parte de moléculas essenciais para a planta cuja ausência limita a produtividade da cultura. Bull (1993) cita que o N, além de ser constituinte de moléculas de proteína, enzima, coenzimas, ácidos nucleicos e citocromos, apresenta importante função como integrante da molécula de clorofila, atuando diretamente no processo de divisão e expansão celular.

Em geral, a adubação nitrogenada de cobertura é realizada quando as plantas de milho apresentam de três a cinco folhas completamente expandidas. A forma de aplicação do N influencia o seu aproveitamento pelo milho. A aplicação da uréia sobre a superfície do solo pode resultar em grandes perdas de N por volatilização de amônia e causar danos foliares (LARA CABEZAS et al., 1997). Devine et al. (1993) mencionam que determinados herbicidas influenciam em rotas metabólicas das culturas, rotas estas que estão direta ou indiretamente relacionadas ao metabolismo de N.

Já foram observadas interações significativas entre a taxa de fertilização com N e a eficácia de herbicidas sobre plantas daninhas (CATHCART & SWANTON, 2004). Em geral, não ocorre interação

entre os fatores relacionados a utilização de herbicidas inibidores de fotossistema II (atrazina) e da síntese de glutamina (glufosinate) e a aplicação de N em cobertura no milho (FLECK et al., 2001).

O N pode ser aplicado ao solo por diferentes métodos. Os mais usados são a aplicação a lanço na superfície do solo e a incorporação em linhas. Quando a fonte de N é uréia e não ocorrer chuva nos primeiros dias após a aplicação, a incorporação ao solo pode ser importante, pois pode ocorrer formação de amônia e sua liberação para a atmosfera. Lara Cabezas et al. (2000) observaram maiores perdas de NH_3 derivado da uréia quando ela foi aplicada na superfície do solo em comparação com a sua incorporação ao solo na cultura do milho. Os autores estimaram redução no rendimento de grãos de milho devido à volatilização de N- NH_3 , na proporção de 10 kg ha^{-1} de grãos para cada 1% de N volatilizado.

Este trabalho tem como objetivo avaliar a interação de herbicidas, épocas e métodos de aplicação do N na fitotoxicidade, rendimento de grãos e em características agronômicas do milho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos a campo, nos anos 2011/12 e 2012/13, na fazenda de Henrique Stedile, no município de Coxilha/RS. A análise dos resultados obtidos nos experimentos, bem como a acomodação do material resultante dos experimentos, foram realizadas no laboratório de Ecofisiologia de Plantas Daninhas da UPF e no Centro de Pesquisa Agropecuário, da Universidade de Passo Fundo (CEPAGRO).

A fazenda Stedile localiza-se na região fisiográfica do Planalto Médio do Rio Grande do Sul, em altitude de 710 m, nas coordenadas geográficas 28° 6' 31'' S e 52° 19' 16'' W. O clima da região é classificado pelo sistema Köppen como subtropical úmido com verão quente (Cfa) e a precipitação média anual na região é de 1.187 mm. Os valores das temperatura médias e precipitação pluvial por decêndio e umidade relativa do ar mensal, durante os meses da condução dos experimentos a campo estão contidos no Quadro I.

Quadro 1 - Dados meteorológicos de outubro a abril de cada ano de estudo

Ano	Mês	Temperatura média (°C)			Precipitação (mm)			U.R.* (%)	
		Decêndios	01 - 10	11- 20	21 - 30	01 - 10	11- 20	21 - 30	Mensal
2012	Outubro		18,9	17,3	18,2	88,4	0,0	118,0	78,7
	Novembro		21,7	20,1	21,7	0,0	6,0	41,8	66,0
	Dezembro		23,1	22,5	21,9	63,8	65,2	59,4	78,1
2013	Janeiro		20,3	18,0	21,5	111,0	15,8	1,0	75,9
	Fevereiro		20,5	22,1	18,2	28,2	0,0	16,4	79,7
	Março		20,2	21,4	21,7	2,8	0,0	0,0	67,6
	Abril		21,5	14,1	17,2	0,0	0,0	0,0	71,8
	Outubro		24,0	21,6	18,2	40,0	40,0	132,8	74,7
	Novembro		19,7	20,6	20,4	4,0	175,4	114,8	73,7
	Dezembro		20,9	19,5	21,7	41,0	1,2	14,0	74,1
2014	Janeiro		21,8	21,5	23,6	76,1	41,2	14,4	83,4
	Fevereiro		24,7	20,6	20,4	0,0	0,0	0,0	79,9
	Março		19,1	20,5	18,6	24,6	89,0	17,6	82,8
	Abril		21,2	16,2	-	14,4	5,8	-	80,7

*Umidade relativa média do ar do mês; Estação meteorológica Dupont Pioneer – Coxilha/RS.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Escuro argiloso (EMBRAPA, 2006). O solo da área experimental coletado em agosto de 2012, na camada de 0–20 cm de profundidade, apresentou as seguintes características: 58,5% de teor de argila, 5,5 de pH H₂O, 3,8% de matéria orgânica, 16,4 cmol_cdm⁻³ de CTC, 38,5 mg dm⁻³ de fósforo e 271 mg dm⁻³ de potássio. A área onde foram instalados os experimentos teve cultivo de aveia preta (*Avena strigosa* S.) no inverno, a qual foi manejada com glifosato no florescimento, na dose de 1440 g e.a. ha⁻¹. Uma semana antes da semeadura do milho aplicou-se atrazina, na dose de 1500 g i.a. ha⁻¹ para controle residual das plantas daninhas presentes na área. A irrigação foi realizada com pivô central, na vazão aproximadamente de 8 a 18 mm h⁻¹. O controle de plantas daninhas, pragas e doenças foi efetuado sempre que necessário, de modo a não interferir no rendimento de grãos do milho.

O delineamento experimental foi de blocos casualizados, arranjos em parcelas sub-subdivididas, com quatro repetições. Na parcela principal alocaram-se os herbicidas: atrazina + nicosulfuron; atrazina + mesotriona; atrazina + tembotriona e testemunha (atrazina + glifosato). Os herbicidas e as doses utilizadas constam no Quadro 2.

As subparcelas foram compostas pelas épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura, aos sete dias antes da aplicação dos herbicidas (7 DA); no mesmo dia da aplicação dos herbicidas (ND) e sete dias após a aplicação dos herbicidas (7 DD). Nas sub-subparcelas alocaram-se os métodos de aplicação de N em cobertura (incorporado ao solo ou em cobertura a lanço).

Quadro 2 – Mecanismo de ação e doses dos herbicidas utilizados nos experimentos

Herbicidas		Dose*
Princípio ativo	Mecanismo de ação	g e.a. ha ⁻¹ – g i. a. ha ⁻¹
Atrazina e Glifosato ¹	Inibidores do fotossistema II (FSII) e EPSPs	1500 e 1200
Atrazina e Tembotriona ²	FSII e Inibidores da biossíntese de caroteno (IBC)	1500 e 100,8
Atrazina e Nicosulfuron ¹	FS II e Inibidor de ALS	1500 e 50
Atrazina e Mesotriona ¹	FS II e IBC	1500 e 120

*Ingrediente ativo por hectare; ¹Adicionado óleo Assist à 0,5 % v.v; ²Adicionado óleo Aureo (1 L ha⁻¹).

O híbrido simples P30F53HR, de ciclo precoce, resistência aos herbicidas amônio glufosinato (H) e glifosato (R) foi utilizado nos dois anos. As semeaduras do milho foram realizadas em 27 e 13 de setembro, respectivamente em 2012 e 2013. A semeadura foi mecanizada, com semeadora a vácuo da marca ALMACO, dispondo-se 30 sementes em 4,4 m de linha, no espaçamento entrelinhas de 0,75 m, resultando 6,6 m² de área útil por parcela. Foi realizado o desbaste para ajuste de densidade final de 7,8 pl m⁻², no momento em que as plantas apresentavam duas folhas expandidas. A adubação de base foi de 40 kg ha⁻¹ de N, 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 100 kg ha⁻¹ de K₂O.

O nitrogênio em cobertura, na forma de ureia cloretada, foi de 180 kg ha⁻¹ de N e 60 kg ha⁻¹ de K₂O, em dose única. A dose de N foi calculada por linha na parcela e distribuída homogêaneamente

nos sulcos. Naqueles tratamentos com N incorporado, abriram-se sulcos mecanicamente e, após distribuição de ureia cloretada, os sulcos foram fechados manualmente com auxílio de enxada. Nos tratamentos com N a lanço, o nutriente foi distribuído na superfície do solo, simulando distribuição mecanizada a lanço. A época de aplicação do N foi de acordo com os tratamentos citados nas subparcelas, ou seja o N em cobertura foi aplicado 7 DA, ND e 7 DD que correspondeu aos estádios de V₃, V₄ e V₆ do milho.

Os herbicidas foram aplicados em pós-emergência precoce das plantas daninhas, no estádio V₄ do milho. A aplicação dos herbicidas foi efetuada com pulverizador de precisão, à pressão constante de CO₂ (45 Psi), munido de barra de 2 m de largura, com 4 pontas de jato plano, 100 03, filtro com malha 50, espaçados de 0,5 m, com vazão de 200 L ha⁻¹.

As condições ambientais verificadas durante a aplicação dos herbicidas em 07 de novembro de 2012 e 20 de outubro de 2013 foram respectivamente: temperatura do ar de 25 °C e 19 °C, umidade relativa de 47% e 68% e velocidade do vento de 0,6 km h⁻¹ e 3,5 km h⁻¹, sem chuva após as aplicações. O solo apresentou boas condições de umidade e as plantas não apresentavam orvalho em suas folhas.

As avaliações realizadas foram: fitotoxicidade visual; massa seca (MS) da parte aérea do milho em V₈ e na colheita; estatura de planta; altura de inserção da espiga; índice de colheita aparente; número de espigas por planta; número de grãos por espiga e rendimento de grãos e componentes. No experimento de 2013/14 avaliaram-se também a taxa de fotossíntese total e quântica absorvida pela planta.

As avaliações visuais de fitotoxicidade foram realizadas 7, 14 e 21 DAH. Para isso, utilizou-se escala percentual, onde nota zero correspondeu a nenhum efeito e a nota 100 significou morte completa das plantas de milho, conforme metodologia proposta pela Sociedade Brasileira de Plantas Daninhas, SBCPD (1995).

A MS em V_8 e na colheita foi obtida pela coleta de três plantas por parcela e acondicionadas em estufa em temperatura de 60 °C até atingirem peso constante. Este material foi pesado e os valores obtidos extrapolados para um hectare por regra de três simples.

A estatura de planta e a altura de inserção da primeira espiga foi determinada em régua graduada após o espigamento do milho. A medição foi realizada do solo até a inserção da primeira espiga, para característica altura de espiga e do solo até a inserção da folha bandeira para a característica estatura de planta.

A avaliação de índice de colheita aparente (ICa) foi estimado pela razão da massa seca dos grãos de três plantas pela massa seca total da parte aérea dessas plantas (folhas, colmos, pendão, brácteas, sabugo e grãos).

O número de plantas por m^{-2} foi determinado pela razão entre o número de plantas colhidas na parcela, dividindo pelo valor da área útil. O número de espigas por planta foi quantificado pela contagem das espigas colhidas, dividido pelo número de plantas colhidas. O número de grãos por espiga foi estimado pela razão do peso de grãos da área útil e o peso do grão, o qual foi multiplicado pelo número de espigas colhidas na área útil e o peso do grão foi estimado pela contagem manual de 200 grãos de cada parcela com

posterior pesagem e correção de umidade para 13%, dividindo-se a massa obtida por 200.

Após a colheita mecanizada, o rendimento de grãos do milho foi determinado em área de $5,0 \text{ m}^2$ ($0,75 \times 3,3 \text{ m}$), englobando as duas linhas centrais das sub-subparcelas. Por ocasião da pesagem dos grãos foi determinado sua umidade e, posteriormente, os pesos obtidos foram uniformizados para 13% de umidade.

No ano de 2013/14 avaliou-se a taxa de fotossíntese total e quântica com auxílio do aparelho FluorPen FP 100 (fluorômetro), aos 7, 14 e 21 DAH. A mensuração da fotossíntese ativa foi realizada na última folha expandida do milho, sempre nas mesmas plantas, sendo três plantas por parcela (Ritchie et al., 1993). Este equipamento fornece medidas de fotossíntese total instantânea (FT) e a medição da eficiência do fotossistema II (QY). O aparelho foi posicionado na parte mediana da última folha expandida. As leituras foram realizadas por ocasião da emissão de luz do aparelho que absorve a energia que será emitida pela planta. Após o acionamento do sensor, ocorre a leitura de um ponto sobre a folha a cada 0,8 segundo, totalizando cerca de 20 pulsos medidos em cada unidade experimental (folha). O tempo de medição de cada folha foi de aproximadamente, 15 segundos, até estabilizar o valor de cada avaliação (SERODIO et al., 2013; OLUBUKOLA et al., 2014).

Os dados obtidos em cada experimento foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$). Quando alcançada significância estatística, a comparação entre médias realizada pelo teste de Duncan, ao nível de significância de 5%. Foi realizada a análise conjunta dos dois anos de experimento, pois as características

e tratamentos foram idênticos. Para fotossíntese total e quântica foi realizado análise isolada, uma vez que esta avaliação foi realizada apenas no ano experimental 2013/14.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise conjunta dos experimentos não indicou interação de fatores avaliados (Tabelas 1 a 4). Porém, observaram-se diferenças entre anos para algumas variáveis.

A fitotoxicidade foi de 12,3, 5,9 e 0,8% para ano de 2013/14, respectivamente 7, 14 e 21 DAH (Tabela 1). No ano anterior, a maior fitotoxidez ocorreu 14 DAH (9,4%). O peso de grãos por espiga, a MS no estádio V₈ e na colheita, foram 10, 12 e 14,4% maiores em 2012/13 em relação a 2013/14 (Tabela 3). O rendimento de grãos e o peso de grão também foram 9,4% e 6,8% superiores em 2012/13. O ICa (Tabela 3), a altura de inserção de espiga (Tabela 2) e o número de plantas por m² (Tabela 4) foram maiores em 2013/14.

Os dados meteorológicos da safra 2013/14 (Quadro 1) indicam altas precipitações pluviais em outubro e novembro (acima de 200 mm). Isto pode ter contribuído para lixiviar parte do nitrogênio aplicado em dose única nas três épocas, entre os estádios V₃ a V₆, quando o sistema radicial do milho era pouco desenvolvido. O ano de 2012/13, o acréscimo de 1200 kg ha⁻¹ (Tabela 4) no rendimento de grãos de milho, em relação ao ano 2013/14, pode relacionar-se ao maior (7%) peso de grão.

Tabela 1 - Fitotoxicidade de herbicidas no milho 7, 14 e 21 dias após aplicação de herbicidas (DAH), na média de dois experimentos, em função do efeito simples de ano, herbicidas, época e método de aplicação de nitrogênio

Ano experimental	Fitotoxicidade (%)		
	7 DAH	14 DAH	21 DAH
2012/13	7,3 b*	9,4 a	5,8 a
2013/14	12,3 a	5,9 b	0,8 b
Herbicida¹			
Testemunha	2,5 c*	3,6 b	2,9 a
Mesotriona	11,7 b	9,0 a	3,4 a
Tembotriona	10,7 b	7,9 a	3,0 a
Nicosulfuron	14,4 a	10,0 a	3,8 a
Épocas de aplicação N²			
7 DA	13,1 a*	9,4 b	4,2 b
ND	10,9 b	11,9 a	5,5 a
7 DD	5,3 c	1,6 c	0,0 c
Métodos de aplicação N			
Lanço	13,6 a*	13,8 a	6,5 a
Incorporado	6,1 b	1,5 b	0,0 b
C.V.**	5,7	5,3	3,2

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. **Coeficiente de variação. ¹Adicionado atrazina nos herbicidas. ²Época de aplicação do nitrogênio 7 dias antes do herbicida, no mesmo dia do herbicida e 7 dias depois do herbicida.

Na cultura do milho, apesar de serem pequenas as exigências nutricionais nos estádios iniciais, altas concentrações de N, na zona radicular, promovem maior desenvolvimento da planta (VARVEL et al., 1997). A fase inicial, ocorre a diferenciação de várias estruturas da planta, onde uma deficiência de N pode reduzir o número de óvulos nos primórdios da espiga (SCHREIBER et al., 1988). A produtividade do milho está associada à atividade metabólica do N, tendo este um papel direto no acúmulo de matéria seca nos grãos (BÜLL, 1993).

O fator herbicida influenciou somente as variáveis fitotoxicidade e a estatura de planta (Tabelas 1 e 2). Para as demais variáveis analisadas não houve efeito significativo (Tabelas 2 a 4). A fitotoxicidade 7 e 14 DAH variou entre herbicidas e sempre foi menor na testemunha (Tabela 1). Aos 7 DAH a maior fitotoxicidade ocorreu no nicosulfuron (14,4%) diferindo de mesotriona (11,7%) e tembotriona (10,7%), os quais não variaram entre si. Por outro lado, 14 DAH, a fitotoxicidade não diferiu entre herbicidas.

A fitotoxicidade observada 7 e 14 DAH não foi verificada 21 DAH, quando os sintomas foram similares ao observado na testemunha (Tabela 1). No entanto, ao longo das avaliações a fitotoxicidade decresce gradativamente e aos 21 DAH os valores para os três herbicidas utilizados ficam em torno de 3 a 4%. À medida que o milho metaboliza os herbicidas, as folhas novas não apresentam lesões, principalmente para os herbicidas mesotriona e tembotriona.

A fitotoxicidade provocada por mesotriona e tembotriona à cultura do milho reduz com o desenvolvimento fenológico da planta (CONSTANTIN et al., 2006). Embora não tenham sido significativos a partir dos 14 DAH, o nicosulfuron, apresentou maiores efeitos fitotóxicos ao longo das avaliações até 21 dias após a aplicação do herbicida (Tabela 1).

Resultados de estudos conduzidos com uso de nicosulfuron indicaram fitotoxicidade de 7% aos 7 DAH (NICOLAI et al., 2006). Em outros estudos, as injúrias em plantas de milho variaram de 0 a 15%, com adoção de atrazina e mesotriona, dependendo da época de aplicação e dose (NICOLAI et al., 2006; JOHNSON et al., 2002). Em milho pipoca, o manejo de plantas

daninhas com herbicida tembotriona, em pós-emergência, causou fitotoxicidade na fase inicial de desenvolvimento das plantas, independentemente de cultivar (FREITAS, 2009).

Tabela 2 - Estatura de planta e altura de inserção de espiga na médiade dois experimentos, em função de ano, de herbicidas, de épocas e métodos de aplicação de nitrogênio

Ano experimental	Estatura de planta (cm)	Altura da Inserção da espiga (cm)
2012/13	245 a*	117 b
2013/14	243 a	121 a
Herbicidas¹		
Testemunha	245 a*	119 a
Mesotriona	241 b	118 a
Tembotriona	245 a	118 a
Nicosulfuron	245 a	119 a
Épocas de aplicação N²		
7 DA	243 a*	117 b
ND	243 a	116 b
7 DD	246 a	121 a
Métodos de aplicação N		
Lanço	243 a*	118 a
Incorporado	245 a	119 a
C.V.	3,3	4,7

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. **Coeficiente de variação. ¹Adicionado atrazina nos herbicidas. ²Época de aplicação do nitrogênio aos 7 dias antes do herbicida, no mesmo dia do herbicida e aos 7 dias depois do herbicida.

Ao analisar os resultados de fitotoxicidade (Tabela 1) percebe-se redução das injúrias para todos os herbicidas avaliados ao longo do desenvolvimento do milho. Esse comportamento indica capacidade da cultura em detoxificar as moléculas de herbicidas absorvidos. De forma similar, outros autores relatam que 14 e 21 DAH, nos tratamentos com mesotriona e atrazina e nicosulfuron e

atrazina são reduzidos os sintomas de fitotoxicidade, quando comparado com avaliações mais próximas da data de aplicação de herbicidas (NICOLAI et al., 2006; ZAGONEL & FERNANDES, 2007).

Ao observar a estatura de planta, o uso do mesotriona reduziu 4 cm em relação a testemunha e demais herbicidas (Tabela 2). Os resultados de altura de planta obtidos neste trabalho, contrapõem os obtidos por Nicolai et al. (2006), que não observaram diferença estatística na estatura de planta para nenhum herbicida, independentemente da fitotoxicidade observada nos estádios iniciais. Ao testar diferentes cultivares de milho pipoca e herbicidas, não houve alteração na estatura de planta embora tenha ocorrido variação na fitotoxicidade entre cultivares (FREITAS et al., 2009).

Os herbicidas não afetaram os componentes e o rendimento de grãos (Tabela 4) e as demais características agronômicas avaliadas (Tabela 3).

A relação do efeito de fitotoxicidade quando comparado com características de rendimento, componentes e outras características agronômicas está relacionada à capacidade de recuperação da planta quando o efeito fitotóxico ocorre nos estádios iniciais. Quando o milho se encontra entre três e cinco folhas expandidas, ocorre a definição do número de folhas a ser durante o ciclo (RITCHIE et al., 1993). Sendo assim, o potencial de recuperação do milho, a eventual fitotoxicidade de herbicidas com injúrias mais ou menos severas foi estudado por vários autores (NICOLAI et al., 2006; ZAGONEL & FERNANDES, 2007; PORTUGAL, 2013).

Tabela 3 - Características agronômicas de milho na média de dois experimentos, em função de ano, de herbicidas, de épocas e métodos de aplicação de nitrogênio

Ano experimental	Peso grãos Espiga ⁻¹ (g)	N ^o planta m ⁻²	¹ MS V _s (g)	MS colheita (g)	² ICa
2012/13	171 a*	7,51 b	83 a	179 a	0,50 b
2013/14	154 b	8,33 a	73 b	153 b	0,51 a
Herbicidas³					
Testemunha	163 a*	7,93 a	81 a	167 a	0,50 a
Mesotriona	162 a	7,90 a	77 a	167 a	0,51 a
Tembotriona	162 a	7,94 a	80 a	168 a	0,50 a
Nicosulfuron	165 a	7,85 a	76 a	163 a	0,51 a
Épocas de aplicação N⁴					
7 DA	160 b*	7,88 a	76 b	165 a	0,51 a
ND	162 ab	7,87 a	77 b	163 a	0,51 a
7 DD	166 a	7,96 a	82 a	171 a	0,50 a
Métodos de aplicação N					
Lanço	164 a*	7,90 a	76 b	167 a	0,50 a
Incorporado	162 a	7,90 a	81 a	165 a	0,51 a
C.V.**	8,0	3,9	16,3	15,2	6,5

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. **Coeficiente de variação. ¹Massa Seca da parte aérea em V_s. ²Índice de colheita aparente. ³Adicionado atrazina nos herbicidas. ⁴Época de aplicação do nitrogênio 7 dias antes do herbicida, no mesmo dia do herbicida e 7 dias depois do herbicida.

O manejo de plantas daninhas no milho deve ser efetuado com segurança até o estágio V₄ de desenvolvimento do milho (LÓPEZ & OVEJERO et al., 2000), evitando-se danos fitotóxicos de herbicidas no milho, competição por água, luz e nutrientes com plantas daninhas, o que afetaria o rendimento da cultura. Outros estudos mostram que nos estádios iniciais de desenvolvimento do milho apresentam maior capacidade de metabolização de herbicidas do que nos estádios mais

avançados de desenvolvimento vegetativo, devendo a aplicação ser realizada com o milho apresentando entre 2 e 4 folhas expandidas (SWANTON et al., 1996), época de aplicação do herbicida neste trabalho.

A época de aplicação de N afetou a fitotoxicidade, peso de grãos por espiga, MS no estádio V₈, altura de inserção de espiga e rendimento de grãos (Tabelas 1 a 4), sem haver efeito significativo para as demais características avaliadas.

Nas avaliações de fitotoxicidade no milho 14 e 21 DAH as maiores injúrias ocorreram com a aplicação de N coincidindo com o dia de manejo de plantas daninhas, enquanto os menores valores ocorreram com a aplicação de N 7 DD (Tabela 1). A altura de inserção de espiga na aplicação de N 7 DD foi 5 e 4 cm superior às verificadas com a aplicação de N ND e 7 DA, respectivamente (Tabela 2).

O peso de grãos por espiga foi 3,6% superior na aplicação de N 7 DD em relação a 7 DA, sem diferir de ND. Já, a MS no estádio V₈, foi superior em 6% na aplicação 7 DD quando comparado com a aplicação de N aos ND e 7 DA (Tabela 3).

O rendimento de grãos variou apenas com a época de aplicação do N em cobertura, com acréscimo de 3% e 4% em relação a aplicação de N no mesmo dia do herbicida e N 7 DA (Tabela 4).

A aplicação de nitrogênio em cobertura tem importante função no desenvolvimento da cultura, visto que é nutriente absorvido em maior quantidade pelo milho, além de ser constituintes de proteínas, ácidos nucleicos, citocromos e clorofila (FLECK et al., 2001). Desta forma, pode-se observar neste trabalho a relação direta deste nutriente para o desenvolvimento do milho.

Tabela 4 - Rendimento de grãos e componentes de milho na média de dois experimentos, em função de ano, de herbicidas, de épocas e métodos de aplicação de nitrogênio

Ano experimental	Rendimento de grãos (kg ha⁻¹)	Peso de grão (mg)	N^o de grãos espiga⁻¹	N^o de espiga planta¹
2012/13	12720 a*	335 a	171 a	0,99 b
2013/14	11520 b	312 b	154 a	1,00 a
Herbicidas¹				
Testemunha	12230 a*	325 a	504 a	0,99 a
Mesotriona	12090 a	317 a	519 a	1,00 a
Tembotriona	12040 a	327 a	497 a	0,99 a
Nicosulfuron	12220 a	327 a	506 a	0,99 a
Épocas de aplicação N²				
7 DA	11940 b*	321 a	505 a	0,99 a
ND	12060 b	323 a	505 a	1,00 a
7 DD	12430 a	327 a	510 a	0,99 a
Métodos de aplicação N				
Lanço	12200 a*	325 a	510 a	0,99 a
Incorporado	12080 a	323 a	503 a	1,00 a
C.V.**	8,3	7,9	8,0	1,22

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. **Coeficiente de variação. ¹Adicionado atrazina nos herbicidas. ²Época de aplicação do nitrogênio 7 dias antes do herbicida, no mesmo dia do herbicida e 7 dias depois do herbicida.

A concentração de N na planta de milho, considerada adequada para a produção máxima, está em torno de 10 g kg⁻¹ (COELHO et al., 1992). Assim, para uma produtividade de 9.000 kg ha⁻¹ de grãos e 7.000 kg de palha, a cultura extrai do solo em torno de 160 kg ha⁻¹ de N. Neste trabalho, os níveis de rendimento atingidos estão condizentes aos citados pelos autores.

No entanto, Nicolai et al. (2006), não encontraram interação de tratamentos com herbicidas e intervalos de aplicação de N (ureia) no rendimento de grãos e componentes.

A aplicação de N no mesmo dia e 7 DA não afetou o rendimento de grãos. O maior rendimento de grãos ocorreu quando o N foi aplicado 7 DD, o que reforça a recomendação vigente de observar intervalo de aplicação de herbicida e N em cobertura de 7 a 10 dias dependendo dos herbicidas e adubos nitrogenados, algumas considerações como quantidade de nitrogênio aplicado e fonte nitrogenada devem ser observados (PEIXOTO & RAMOS, 2002; LÓPEZ-OVEJERO et al., 2003). Mascarenhas (2004), também observou efeitos fitotóxicos com a aplicação de ureia e herbicidas (mesotriona, nicosulfuron e atrazina) no mesmo dia, sem porém refletir negativamente no rendimento de grãos. O mesmo resultado foi observado para uso de sulfato de amônio como fonte de N (NICOLAI et al., 2004).

Para o fator método de aplicação de N, houve somente efeito nas variáveis fitotoxicidade e MS da parte aérea no estágio V₈ (Tabelas 1 a 4).

Nas três avaliações de fitotoxicidade, está sempre foi maior quando o N foi aplicado a lanço, portanto sem incorporação. A incorporação do n em cobertura resulta em menor fitotoxicidade do herbicida e aumenta a MS da parte aérea em V₈ (Tabelas 1 a 4). Para todas as demais características avaliadas não foi verificado qualquer benefício da incorporação do N em cobertura em relação a aplicação a lanço. Isso demonstra a pertinência dos produtores de milho atualmente privilegiarem aplicações de N a lanço.

Os valores observados foram de 13,6 e 6,1 %, respectivamente para a aplicação a lanço e incorporado (Tabela 1). Na avaliação seguinte, aos 14 DAH, a fitotoxicidade no método de aplicação de N a lanço apresentou valor semelhante aos 7 DAH (13,8 %) enquanto que o incorporado ocorreu maior redução (1,5%).

Outra variável que foi influenciada pelo método de aplicação foi a MS no estágio V₈, onde houve acréscimo de 6,2% quando incorporou-se o N em relação a aplicação a lanço. Segundo Vargas (2010) o método de aplicação de N a lanço apresentou a maior fitotoxicidade, com maior redução na área foliar verde (7 a 10%).

Pottker & Wietholter (2004), relatam ganhos de rendimento de grãos de milho, decorrente da incorporação de N, quando a incorporação da adubação nitrogenada ocorreu na pré semeadura ou na semeadura, em comparação com N aplicado em cobertura. Isto está relacionado ao fato de que na época de aplicação de N em cobertura, o milho apresentar elevada demanda de N por unidade de área. Contudo, perdas de N na forma de amônia são muito dependentes das condições de solo e de chuvas que sucedem a aplicação de ureia. Estes autores observaram acréscimo de 1,5% no rendimento de grãos, na media de cinco anos de experimentos.

Para fotossíntese total (FT) e quântica (QY) da clorofila avaliadas 14 e 21 DAH, observou-se interação de épocas de aplicação de N em cobertura (Tabela 5 e 6). Com aplicação de N aos 7 DA, o milho que recebeu aplicação de herbicida mesotriona apresentou FT 9% superior à obtida nos tratamentos testemunha e tembotriona (Tabela 5), enquanto o menor valor de FT ocorreu no tratamento com nicosulfuron. Na aplicação de N no mesmo dia do herbicida, as lesões

nas folhas ocasionadas pelo uso do herbicida nicosulfuron apresentaram FT maior em relação aos demais tratamentos. Já quando o N em cobertura foi aplicado 7 DD, o tratamento com uso de herbicida tembotriona apresentou o maior valor FT.

Ao analisar o efeito das épocas de aplicação do N em cobertura, dentro do mesmo tratamento de herbicida, verificou-se que a FT não variou no tratamento testemunha de herbicida. Já para o tembotriona a variável FT foi superior aos 7 DDH, enquanto que o nicosulfuron ocorre variação nas 3 épocas de aplicação de N em cobertura (Tabela 5).

Tabela 5 - Fotossíntese total (FT) e quântica (QY) 14 dias após aplicação de herbicidas (DAH) em função de época de aplicação de N em cobertura e de herbicidas

Épocas de aplicação do N*	Fotossíntese total ($\mu\text{mol (fótons).m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) 14 DAH**			
	Testemunha	Mesotriona	Tembotriona	Nicosulfuron
7 DA	A 3632 b*	A 3994 a	B 3694 b	B 3555 c
ND	A 3590 b	B 3544 b	B 3586 b	A 3682 a
7 DD	A 3642 b	B 3681 b	A 3742 a	A 3624 b
	Fotossíntese quântica ($\text{mmol CO}_2.\text{mmol fótons}^{-1}$) 14 DAH**			
7 DA	A 0,71 b	A 0,71 b	A 0,73 a	B 0,69 c
ND	A 0,70 b	B 0,67 c	A 0,71 b	A 0,73 a
7 DD	B 0,68 b	B 0,66 c	A 0,72 a	AB 0,71 a

*Para cada interação, médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e antecipadas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.
**Coeficiente de variação – FT – 18,2 e QY- 21,6.

A interação da fotossíntese quântica quando N foi aplicado 7 DA foi 2,7 % superior para o herbicida tembotriona em relação a testemunha. Na aplicação de N no mesmo dia do herbicida o QY foi 4,1 % para o nicosulfuron, enquanto o tembotriona não diferiu da testemunha. Na aplicação de N aos 7 DD, os herbicidas tembotriona e

nicosulfuron diferiram da testemunha e o mesotriona. Ao observar a testemunha, a época de aplicação de N 7 DD diferenciou das demais, enquanto que o mesotriona este efeito foi superior quando N foi aplicado 7 DA. A QY, quando usou-se o tembotrione, não diferenciou em nenhuma época e o nicosulfuron na aplicação de N aos 7 DD não houve diferença (Tabela 5).

A análise estatística demonstrou interação de épocas de aplicação de N e herbicidas para FT aos 21 DAH e dos métodos de aplicação de N e herbicidas para FT aos 21 DAH (Tabela 6).

Na interação de FT aos 21 DAH entre as épocas de aplicação de N e herbicidas, na aplicação de N aos 7 DAH, o mesotriona apresentou FT 9% superior quando comparado com a testemunha. A testemunha não diferiu do tembotriona e o nicosulfuron apresentou a menor FT (Tabela 6). Na aplicação de N no mesmo dia do herbicida, os tratamentos de mesotriona e tembotriona foram semelhantes, enquanto o nicosulfuron apresentou FT 5% superior em relação a testemunha. O mesmo efeito ocorreu quando N foi aplicado 7 DDH, porém a testemunha apresentou FT 5,8% maior que o nicosulfuron. A testemunha mostrou que quando N aplicado no mesmo dia do herbicida a FT foi no máximo 7,4% maior que as demais épocas. O mesotriona e tembotriona a FT foi no máximo 14% superior aos 7 DAH em comparação as demais épocas de aplicação de N. O nicosulfuron foi 6,6% menor valor de FT em relação as demais épocas quando o N foi aplicado 7 DDH.

Na interação da FT na avaliação aos 21 DAH, entre herbicidas e métodos de aplicação de N, na aplicação de N a lanço, o herbicida mesotriona não diferiu do nicosulfuron para a variável FT

(Tabela 6). O tembotriona apresentou valores de FT diferente dos demais herbicidas, mas não apresentou diferença em relação da testemunha. Na aplicação de N incorporado, o tembotriona apresentou maior FT. Já o mesotriona não diferiu da testemunha, mas a FT foi 4,7% inferior em relação ao tembotriona e 7,7% superior ao nicosulfuron. A testemunha e o tembotriona apresentaram maior FT no método incorporado enquanto que o mesotriona e nicosulfuron o método a lanço apresentou maior FT (Tabela 6).

Tabela 6 - Fotossíntese total (FT) aos 21 dias após aplicação dos herbicidas (DAH) em função da época de aplicação de N e herbicidas ou em função de métodos de aplicação de N e herbicidas

Épocas de aplicação do N*	Fotossíntese total ($\mu\text{mol (fótons).m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) 21 DAH**			
	Testemunha	Mesotriona	Tembotriona	Nicosulfuron
7 DA	A 3424 b*	A 3766 a	A 3513 b	A 3302 c
ND	B 3169 c	B 3213 b	B 3285 b	A 3345 a
7 DD	A 3314 a	B 3208 b	B 3247 b	B 3122 c
Métodos de aplicação do N	Fotossíntese total ($\mu\text{mol (fótons).m}^{-2}.\text{s}^{-1}$) 21 DAH**			
	Laço	Incorporado		
	B 3234 b	A 3488 a	B 3231 b	A 3465 a
	A 3371 b	B 3304 b	A 3466 a	B 3048 c

*Para cada interação, médias seguidas pela mesma letra minúscula na linha e antecipadas pela mesma letra maiúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade.

**C.V.: época de aplicação de N – 19,1 e método de aplicação de N – 21,9.

Os efeitos principais dos fatores avaliados para a variável QY esta apresentado na Tabela 7. A fotossíntese quântica não diferiu na avaliação realizada aos 14 DAH (Tabela 7). Aos 21 DAH a aplicação de N aos 7 DA não diferiu da aplicação ND. A aplicação nitrogenada realizada no mesmo dia dos herbicidas não diferiu da

aplicação de N em cobertura aos 7 DD. A QY não foi influenciada pelo método de aplicação de N em cobertura.

Tabela 7 - Fotossíntese quântica (QY) na planta de milho aos 7, 14 e 21 dias após aplicação dos herbicidas (DAH), em função de herbicidas, época e método de aplicação de nitrogênio

Experimento	Fotossíntese quântica (mmol CO ₂ .mmol fótons ⁻¹)		
	7 DAH	14 DAH	21 DAH
Herbicida¹			
Testemunha	0,62 a*	0,65 a	0,69 b
Mesotriona	0,58 ab	0,65 a	0,68 c
Tembotriona	0,56 b	0,65 a	0,72 a
Nicosulfuron	0,57 ab	0,52 b	0,71ab
CV**	11,2	4,2	6,4
Época de aplicação N²			
7 DA	-	0,66 a*	0,71 a
ND	-	0,65 a	0,70 ab
7 DD	-	0,65 a	0,69 b
CV**		4,8	6,8
Método de aplicação			
Lanço	0,59 a*	0,65 a	0,70 a
Incorporado	0,58 a	0,65 a	0,70 a
CV**	8,95	4,34	4,03

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. **Coeficiente de variação. ¹Adicionado atrazina nos herbicidas. ²Época de aplicação do nitrogênio aos 7 dias antes do herbicida, no mesmo dia do herbicida e aos 7 dias depois do herbicida.

A FT e QY observadas divergem de Picoli Jr (2011), que não observou diferenças entre métodos de aplicação de N em cobertura. Nas aplicações de N feitas a lanço, a área foliar necrosada entre os estádios V₆ e V₈, não diferiu daquela obtida com incorporação do N. Provavelmente, a aplicação de N em cobertura não afetou a diferenciação de folhas, pois os sintomas foram menores com o

desenvolvimento da cultura, fato observado em 2013 quando se avaliou com fluorômetro a fotossíntese total e quântica (Tabelas 5 a 7).

O método de aplicação de N com os herbicidas, mostra que o milho quando usou-se o mesotriona e nicosulfuron apresentaram maior FT (Tabela 6). Segundo Dayan & Zaccarro (2012), valores de FT em torno de $3000 \mu\text{mol f\u00f3tons.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$ é considerado ideal para atingir potencial máximo de rendimento de grãos. Já o método incorporado, o tembotriona apresentou FT significativa em comparação ao mesotriona e a testemunha e estas foram superiores ao nicosulfuron. Nas avaliações de FT e QY, os herbicidas mesotriona e tembotriona afetam a clorofila da folha das plantas suscetíveis. A fotossíntese quântica é usada como indicador da capacidade fotossintética das plantas e indica característica fisiológica da cultura quando submetida a diferentes tipos de estresse (KRAUSE & WEISS, 1991). Segundo estes autores, se a planta estiver em condições normais de crescimento e desenvolvimento, o valor da QY varia de 0,75 a 0,85 $\text{mmol CO}_2.\text{mmol f\u00f3tons}^{-1}$ para a maioria das espécies. Isto se torna importante, uma vez que ao observamos os valores das avaliações nas Tabelas 5 a 7 pode ser observado os valores abaixo do esperado em situações normais das plantas. No presente estudo, a maioria dos valores de QY do milho são inferiores à 0,75 $\text{mmol CO}_2.\text{mmol f\u00f3tons}^{-1}$.

Para tanto, as avaliações realizadas com o fluorômetro nas folhas do milho, durante o ano 2013/14, em algumas plantas, ocorreu lesões ocasionadas pelos herbicidas. O uso do herbicida amicabazone diminui os teores de pigmentos em folhas de abacaxi (CANTUNDA et

al. 2005). Outros trabalhos realizados com diferentes herbicidas em soja também foi observado a redução da eficiência fotossintética após aplicação dos químicos (CORREA & ALVES, 2010). Além disso, as mensurações de fluorescência podem ser utilizadas para indicar a susceptibilidade de plantas daninhas ou culturas a alguns herbicidas inibidores de fotossíntese, podendo inclusive quantificar o grau de interferência na produtividade (DAYAN & ZACCARO, 2012; TROPALDI et al., 2015).

4 CONCLUSÕES

Não há interação de épocas e métodos de aplicação de N em cobertura com a aplicação de herbicidas pós emergentes em milho para a maioria das características avaliadas.

Os herbicidas mesotriona, tembotriona e nicosulfuron aplicados no estágio V₄ do milho não prejudicam o rendimento de grãos, independentemente das épocas e métodos de aplicação de N em cobertura.

A aplicação de N em dose única na cobertura do milho antes ou concomitante à aplicação do herbicida pós emergente prejudica o rendimento de grãos

A fitotoxidez no milho ocorre após aplicação dos herbicidas e do N em cobertura, porém seu efeito reduz com o desenvolvimento da cultura, sendo ausente 21 dias após a aplicação dos herbicidas.

A menor fitotoxidez dos herbicidas no milho decorrente da incorporação do N no solo não altera o rendimento de grãos.

CAPÍTULO II

A ÉPOCA DE APLICAÇÃO DO NITROGÊNIO NÃO AFETA A FITOTOXICIDADE DE HERBICIDAS EM MILHO

RESUMO: A época de aplicação de N, associada ao uso de herbicidas, pode ser um fator determinante para a existência de fitotoxicidade no milho. O objetivo deste trabalho foi avaliar a possível fitotoxicidade de herbicidas associados com o uso de nitrogênio no milho. Os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação, em vasos de 15,9 dm³. No Experimento I, usou-se três herbicidas pós-emergentes (mesotriona, tembotriona e nicosulfuron) e testemunha sem herbicida e épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura (7 DA, ND e 7 DD). No Experimento II, testaram-se os mesmos herbicidas e épocas de aplicação de N, nos híbridos P1630H e P30F53HR. No primeiro experimento, os sintomas de fitotoxicidade foram mais acentuados na primeira e segunda semana após a aplicação dos herbicidas. O teor relativo de clorofila, a fotossíntese total e quântica de clorofila serviram de parâmetro para verificar os efeitos da fitotoxicidade em milho. No segundo experimento observou-se a existência de interação de híbridos e herbicidas para fitotoxicidade aos 7 DAH. O efeito das variáveis fitotoxicidade e teor relativo da clorofila (TRC) não variaram para o fator híbridos. Já a massa seca (MS) e a fotossíntese quântica foram superiores para o híbrido P30F53HR, enquanto que a fotossíntese total foi superior no híbrido

P1630H. Os herbicidas influenciam nas três épocas de avaliação da fitotoxicidade, MS e TRC, mas não variaram em função da fotossíntese total e quântica. A época de aplicação de N não variou em função de nenhuma variável analisada neste experimento. As avaliações com clorofilmetro e fluorômetro mostram a eficiência da cultura em recuperar e manter a taxa fotossintética. Os herbicidas mesotriona e nicosulfuron causam maior fitotoxicidade que o tembotriona logo após a sua aplicação, porém os sintomas permanecem por pouco tempo na planta. A fitotoxicidade dos herbicidas mesotriona, tembotriona e nicosulfuron independe da época de aplicação de N e do híbrido utilizado.

Palavras chave: Seletividade, adubação nitrogenada, *Zea mays*L..

THE NITROGEN APPLICATION TIME DOES NOT AFFECT THE HERBICIDES PHYTOTOXICITY IN CORN

SUMMARY: The time of application of N, associated with these herbicides, can be a determining factor for the existence of phytotoxicity in maize. The objective of this study was to evaluate possible phytotoxicity of herbicides associated with the use of nitrogen in maize. The experiments were conducted in a greenhouse in pots of 15.9 dm³. In experiment I, it was used three post-emergent herbicides (mesotrione, tembotrione and nicosulfuron) and no check herbicide and nitrogen application times (N) in side dressing (7 DA, ND and 7 DA). In the second experiment, they tested the same herbicides and N application timing, the P1630H and P30F53HR hybrids. In the first experiment, the phytotoxicity symptoms were more pronounced in the first and second week after herbicide application. The relative chlorophyll content, total quantum photosynthesis and chlorophyll served as a parameter to check the effects of phytotoxicity in maize. In the second experiment it was observed the existence of interaction between hybrids and herbicide phytotoxicity to 7 DBH. The effect of variables phytotoxicity and relative chlorophyll content (RCC) did not differ for the hybrid factor. On the other hand the dry matter (DM) and quantum photosynthesis were superior to the hybrid P30F53HR while the total photosynthesis was higher in the hybrid P1630H. Herbicides influence the three-year evaluation of phytotoxicity, MS and TRC, but did not vary as

a function of the total quantum and photosynthesis. The N application time did not vary as a function of any variable analyzed in this experiment. Evaluations with chlorophyll meter and fluorometer show the culture of efficiency in recovering and maintaining the photosynthetic rate. The mesotrione and nicosulfuron herbicides cause more phytotoxicity than tembotrione soon after its application, but the symptoms remain for a short time in the plant. Phytotoxicity of herbicides mesotrione, tembotrione and nicosulfuron depend on the time of application of N and the hybrid used.

Keywords: Selectivity, nitrogen fertilization, Zea mays L

1 INTRODUÇÃO

A aplicação de herbicidas em pós-emergência inicial causa injúrias no milho, pois, em sua maioria, os herbicidas atuam em processos metabólicos, que afetam o desenvolvimento da planta (MAGALHÃES et al., 2000). A seletividade do herbicida é a base para o sucesso do controle químico de plantas daninhas na agricultura. A seletividade é considerada uma medida da resposta diferencial de diversas espécies de plantas a um determinado herbicida. Quanto maior a diferença de tolerância entre a cultura e a planta daninha, maior a segurança de aplicação (OLIVEIRA JR., 2001a).

No milho, herbicidas inibidores do fotossistema II, como as triazinas são frequentemente usados no manejo de plantas daninhas. O sítio de ação destes herbicidas é a membrana do cloroplasto, onde ocorre a fase luminosa da fotossíntese, especificamente no transporte de elétrons. A planta é suscetível aos herbicidas inibidores da fotossíntese se o herbicida se acoplar ao composto com a plastoquinona QB, componente do sistema fotossintético e, assim impossibilitar a ocorrência do transporte de elétrons. Assim, não há produção de ATP, devido a interrupção do transporte de elétrons, bem como a produção de NADPH (CHRISTOFFOLETI, 1997). A morte das plantas sensíveis ocorre devido ao rompimento das membranas causadas pela peroxidação dos lipídios da mesma. O sintoma de clorose foliar é resultado do rompimento das membranas (ROMAN et al., 2007).

Para aumentar a eficiência no controle de plantas daninhas em milho, juntamente com as triazinas são usados diferentes

princípios ativos de herbicidas, dentre eles estão os herbicidas inibidores da acetolactato sintase (ALS), pertencentes ao grupo químico das sulfonilureias, como o herbicida nicosulfuron. Estes herbicidas apresentam como mecanismo de ação a inibição da síntese dos aminoácidos alifáticos da cadeia lateral: valina, leucina e isoleucina (VIDAL, 1997). No entanto, a morte da planta não se deve somente à falta desses aminoácidos, pois, após a aplicação do herbicida, a divisão celular também é inibida. Pode haver acúmulo de acetohidroxi-butirato e diminuição na translocação de assimilados no floema com efeito cascata, que leva plantas susceptíveis à morte (ROMAN et al., 2007).

Para melhor utilizar este grupo de herbicidas no milho diversos estudos buscaram corrigir falhas e injúrias que causavam à cultura comercial, havendo atualmente disponível uma lista de híbridos recomendados e com tolerância; cuidar a dose e o estágio de aplicação do herbicida; não misturar com inseticidas organofosforados; e respeitar intervalo de sete dias entre a aplicação de nitrogênio em cobertura e o herbicida (LÓPEZ-OVEJEDO et al., 2003).

Além das sulfonilureias, também os herbicidas mesotriona e tembotriona, adicionados as triazinas em soluções comerciais prontas para uso aumentam a eficiência do controle de plantas daninhas. Estes herbicidas pertencem ao grupo químico das tricetonas e benzoilciclohexanodiona, respectivamente e atuam sobre as plantas daninhas pela inibição da biossíntese de carotenóides através da interferência na atividade da HPPD (4-hidroxifenil-piruvato-dioxigenase) nos cloroplastos, com posterior geração de estresse

oxidativo, que destrói membranas celulares e leva plantas à morte (KRUSE, 2001). O caroteno é pigmento das plantas responsável, entre outras funções, pela proteção da clorofila da foto-oxidação, ou seja, plantas suscetíveis a estes herbicidas apresentam albinismo nos tecidos fotossintéticos (ROMAN et al., 2007). O milho é tolerante a estes herbicidas devido a capacidade de metabolizar rapidamente o herbicida e produzir metabólitos sem atividade, o que não ocorre nas plantas daninhas (BACHIEGA & SOARES, 2002).

A aplicação de herbicidas pós-emergentes normalmente, ocorre entre os estádios V₂ e V₆, sendo este último o momento em que o meristema apical se transforma em primórdio floral da inflorescência masculina que originará o pendão, embora ainda possa estar abaixo da superfície do solo (SANGOI et al., 2007). A identificação do estágio fenológico que se encontra o milho é imprescindível para a correta aplicação de herbicidas, tendo em vista que sua seletividade ocorre em período específico de desenvolvimento da cultura (FURTADO, 2004). A seletividade dos herbicidas às culturas é relativa e está ligada a fatores da planta, do herbicida e do ambiente (SOUSA, 2002).

O dano causado pelo herbicida aumenta com a sincronizada aplicação de nitrogênio (N) em cobertura (CATHCART & SWANTON, 2004). Estes autores observaram interação da taxa de fertilização com N e eficácia de herbicidas sobre plantas daninhas. O N em cobertura tem importante função no desenvolvimento da cultura, sendo o nutriente absorvido em maior quantidade pelo milho, e ser constituinte de proteínas, ácidos nucleicos, citocromos e clorofila (CANTARELLA et al., 2005; COSTA et al., 2005). O nitrogênio é um

dos principais fatores responsáveis pela expressão do potencial de rendimento da cultura (RIZZARDI et al., 2008).

Nos últimos anos, com o aumento das áreas de milho com uso de herbicidas pós-emergentes surgiram questionamentos relacionados à seletividade e a época de aplicação do herbicida em relação ao estágio fenológico da cultura. Neste caso, se o momento da aplicação for inadequado, a produção da cultura será reduzida pela injúria causada pelo herbicida. Outro aspecto se refere ao estágio de desenvolvimento da planta daninha, no qual, o herbicida deve ser aplicado com as plantas daninhas em estágio de maior suscetibilidade ao herbicida (PORTUGAL, 2013). Desta forma, herbicida, dose e estágio de desenvolvimento da cultura são fatores influenciadores da suscetibilidade do milho, com posteriores efeitos no desenvolvimento e no rendimento da cultura.

Há evidências da tolerância diferencial de cultivares de milho aos herbicidas do grupo das sulfonilureias, em especial ao nicosulfuron (PEREIRA FILHO et al., 2000). De modo geral, os detentores da maior parte de híbridos de milho no mercado realizam testes para selecionar diferentes materiais e testar a tolerância aos herbicidas disponíveis para uso na agricultura.

Mascarenhas (2004) testou a aplicação simultânea de ureia e de mesotriona + atrazina + óleo e verificou fitotoxicidade inicial sem redução no rendimento de grãos. Portugal (2013) observou que tratamentos compostos por atrazina + mesotriona e atrazina + tembotriona apresentaram 5% de sintomas visuais de fitotoxicidade aos 7 DAH. Johnson et al. (2002) e Nicolai et al. (2006) encontraram

níveis de injúrias em plantas de milho de 0 a 15%, dependendo da época de aplicação e da dose utilizada de mesotriona.

Schulte & Kocher (2009) e Rios et al. (2010) relatam que os herbicidas mesotriona e tembotriona combinados com atrazina ativam o metabolismo da planta, com efeito positivo na biossíntese de carotenóides, sem causar fitotoxicidade no milho. A sensibilidade de híbridos ao herbicida nicosulfuron em associação a aplicação de N é variável (GUERRA et al., 2010). Para os autores, a fitotoxicidade foi maior na aplicação associada em V₆. De modo similar, Facchin (2009) observou sintomas de fitotoxicidade de nicosulfuron em dez híbridos de milho, porém somente até os primeiros 15 dias após a aplicação. Em outro trabalho, Moro & Filho (1999) observaram alterações morfoanatômicas nas folhas de milho com clorose e enrugamento da lâmina foliar após a aplicação de nicosulfuron. Estes sintomas em milho não foram observados por Spader & Vidal (2001) ao aplicarem 60 e 80 g i.a. ha⁻¹.

Objetivou-se com esse trabalho avaliar a possível fitotoxicidade de herbicidas associado ao uso de nitrogênio em cobertura em híbridos de milho.

2 MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos dois experimentos em casa de vegetação em 2014, sendo um no primeiro e outro no segundo semestre. Os experimentos foram instalados em vasos com capacidade de 15,9 dm³ (diâmetro superior de 28 cm, inferior de 20 cm e altura de 35 cm), os quais adicionaram-se 15 kg de solo. O solo usado nos

experimentos foi retirado da camada de 0 – 20 cm de área de lavoura, classificado como Latossolo Vermelho Escuro distrófico. A análise do solo indicou as seguintes características: 29,1% de argila, 5,8 pH H₂O, 6,7 M.O, 26,2 cmolc dm⁻³, CTC 19,9 mg dm⁻³ de fósforo e 264 mg dm⁻³ de potássio.

O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, arranjados em parcelas subdivididas no Experimento I, e sub-subdivididas no Experimento II, com quatro repetições. Na parcela principal, em ambos os experimentos, alocaram-se os herbicidas: atrazina + nicosulfuron, atrazina + mesotriona, atrazina + tembotriona e a testemunha sem herbicida, nas doses de 1500 + 50 g i.a. ha⁻¹, 1500 + 120 g i.a. ha⁻¹, 1500 + 100,8 g i.a. ha⁻¹ e 1200 g i.a. ha⁻¹, respectivamente. As subparcelas foram compostas pelas épocas de aplicação de nitrogênio (N) em cobertura: sete dias antes da aplicação dos herbicidas - 7 DA, no mesmo dia da aplicação dos herbicidas - ND e sete dias depois da aplicação dos herbicidas - 7 DD. Estas épocas correspondem aos estádios fenológico V₃, V₄ e V₆, conforme escala proposta por Ritchie et al. (1993).

No Experimento II, além dos tratamentos descritos anteriormente, introduziu-se o fator híbrido (P30F53HR e P1630H) nas sub-subparcelas. O híbrido simples P30F53HR possui ciclo precoce, com resistência ao herbicida amônio glufosinato (H) e glifosato (R). Apresenta ciclo entre a germinação e amaturação fisiológica dos grãos cerca de 130 dias. Por outro lado o híbrido P1630H é de ciclo superprecoce, com genes de resistência ao herbicida amônio glufosinato (H), com ciclo entre a germinação e a maturação de 116 dias.

As sementeiras do milho ocorreram em 15 de março e 13 de novembro de 2014, respectivamente. A sementeira foi realizada em cova individual a 3 cm de profundidade. A emergência ocorreu em 22 de março e 19 de novembro de 2014, respectivamente. Foram semeadas oito sementes por vaso e, após a emergência, quando o milho se encontrava com duas folhas expandidas realizou-se desbaste, deixando-se cinco plantas por vaso.

O nitrogênio em cobertura, na forma de ureia cloretada (36% de N, 12% K₂O), foi aplicado em dose única de 4 g de nitrato por vaso, de acordo com o volume de solo e distribuído homogeneamente no vaso. Este cálculo representou a dose de 500 kg de ureia cloretada ha⁻¹, sendo 180 kg de N ha⁻¹ e 60 kg de K₂O ha⁻¹. A época de aplicação foi de acordo com os tratamentos citados anteriormente.

A aplicação dos herbicidas foi efetuada com pulverizador de precisão, a pressão constante de CO₂ (45 Psi), munido de barra de 2 m de largura, com 4 bicos de jato plano, 100 03, filtro com malha 50, espaçados 0,5m e vazão de 200 L ha⁻¹. As condições ambientais durante a aplicação dos herbicidas foram: temperatura do ar de 20 e 21 °C, umidade relativa de 76 e 73% e velocidade do vento de 4,0 e 6,0 km h⁻¹, respectivamente para os dias 05 de abril e 29 de novembro de 2014.

As avaliações visuais de fitotoxicidade foram realizadas 7, 14 e 21 dias após a aplicação do herbicida - DAH. Para isso, utilizou-se escala percentual, onde nota zero correspondeu a nenhum efeito e a nota 100 significou morte de todas as plantas de milho.

O teor relativo de clorofila (TRC) foi avaliado nos estádios V₄, V₆ e V₈ com o uso do clorofilômetro (Clorofilog FALKER) em três plantas por vaso, marcadas com borracha na terceira folha, de modo que as avaliações subsequentes se repetissem nas mesmas plantas. Esse equipamento possui diodos que emitem luz a 650 nm (vermelho) e 950 nm (infravermelho). A luz em 650 situa-se próxima dos dois comprimentos primários de ondas associados à atividade de clorofila (645 a 663 nm). O comprimento de onda de 940 nm serve como referência interna para compensar diferenças na espessura ou conteúdo de água da folha ou devidas a outros fatores. A luz que passa através da amostra da folha, atinge um receptor, que a converte em sinais elétricos analógicos. Esses sinais são convertidos em valores digitais, o que se chama leituras SPAD, mostrados no visor. Os valores obtidos são proporcionais ao teor de clorofila na folha. A leitura com o aparelho foi feita na metade a dois terços do comprimento da folha, a partir da base (RAMBO, 2005).

A avaliação da fotossíntese ativa foi realizada na parte mediana da última folha expandida. A avaliação foi realizada com o fluorômetro FluorPen FP 100, em três plantas por vaso nos estádios V₄, V₆ e V₈, com o intuito de verificar a fitotoxicidade das folhas do milho e a quantidade de absorção fotossintética da planta. Com uso do fluorômetro, é possível registrar o comportamento da fase inicial da fotossíntese, que é o transporte de elétrons no PSII. Este equipamento fornece medidas de fotossíntese total instantânea (FT) e a eficiência do fotossistema II ou fotossíntese quântica (Qy). As leituras foram realizadas por ocasião da emissão de luz do aparelho que absorve a energia que será emitida pela planta. Após o acionamento do sensor,

ocorre a leitura de um ponto sobre a folha a cada 0,8 segundo, totalizando cerca de 20 pulsos medidos em cada unidade experimental (folha). O tempo de medição de cada folha é de aproximadamente 15 segundos, até estabilizar o valor de cada avaliação (SERODIO et al., 2013; OLUBUKOLA et al., 2014).

A produção de massa seca (MS) da parte aérea em V₈ foi estimada a partir da coleta de cinco plantas no vaso, mantidas em estufa a temperatura de 60 °C até atingirem peso constante. Este material foi pesado e os valores obtidos apresentados em MS por vaso.

Os dados obtidos em cada experimento foram submetidos a análise de variância pelo teste F ($p < 0,05$). Quando alcançada significância estatística, a comparação entre médias foi realizada pelo teste de Duncan, ao nível de significância de 5%. Em razão das características dos tratamentos e dos objetivos propostos foi realizada análise conjunta dos dados dos dois experimentos comparando os fatores herbicidas e épocas de aplicação de N em cobertura para o híbrido usado nos dois experimentos (P30F53HR), pois as características e tratamentos foram idênticos e as estações de crescimento apresentaram baixa variação nos fatores estudados. A análise específica do híbrido P1630H foi realizada para os dados do Experimento II.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise conjunta dos dados dos experimentos não demonstrou interação dos fatores avaliados no híbrido P30F53HR (Tabelas 1 a 4). Na comparação entre experimentos, a fitotoxicidade, a

fotossíntese total e a quântica foram superiores no Experimento I, enquanto a MS em V₈ foi superior no Experimento II. Já para a clorofila não observou-se diferenças entre experimentos. Na avaliação de fitotoxicidade não houve diferença entre os experimentos aos 7 dias após aplicação dos herbicidas (DAH). Aos 14 DAH a fitotoxicidade foi maior no Experimento I (10%) e 21 DAH o valor reduziu para 6,6%, no entanto as lesões de fitotoxicidade continuaram maiores que o Experimento II (Tabela 1).

Tabela 1 - Fitotoxicidade 7, 14 e 21 dias após a aplicação de herbicidas (DAH) e massa seca (MS) da parte aérea no estádio V₈ do milho, na média dos dois experimentos, em função de herbicidas e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura

Experimentos	Fitotoxicidade (%)			MS (g vaso ⁻¹) ³
	7 DAH	14 DAH	21 DAH	Estádio V ₈
I	14,9 a*	10,0 a	6,6 a	28,0 b
II	12,8 a	7,5 b	3,7 b	44,6 a
Herbicida¹				
Testemunha	0,2 c*	1,0 b	0,7 c	33,9 a
Mesotriona	16,3 a	13,5 a	8,7 a	31,9 b
Tembotriona	11,2 b	8,5 a	5,4 b	32,4 ab
Nicosulfuron	14,0 a	14,2 a	8,7 a	27,6 c
Épocas de aplicação N²				
7 DA	-	10,0 a	5,8 a	30,4 b
ND	15,3 a*	11,2 a	6,9 a	32,4 a
7 DD	12,6 a	12,2 a	7,2 a	31,5 ab
CV**	6,7	5,1	6,3	9,7

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. **Coeficiente de variação. ¹Adicionado atrazina nos herbicidas. ²Época de aplicação do nitrogênio 7 dias antes do herbicida, no mesmo dia do herbicida e aos 7 dias depois do herbicida. ³Massa seca da parte aérea de 5 plantas no vaso.

Para avaliação de fotossíntese total (FT), o Experimento I apresentou aumentos crescentes em 7,6, 16,2 e 19 nas avaliações aos 7, 14 e 21 DAH (Tabela 3). A fotossíntese quântica, aos 7 DAH no

Experimento II aumentou em 7,8%. Já, no Experimento I, aos 14 e 21 DAH aumento em 8,9 e 6,3%, respectivamente (Tabela 4). A MS da parte aérea no estágio V₈ foi 37,2% superior no Experimento II em relação ao I (Tabela 1).

A fitotoxicidade e fotossíntese quântica foram maiores no Experimento I, resultado que pode ter refletido em menor MS no estágio V₈ (Tabela 1). O contrário foi observado no Experimento II, quando menores valores de fitotoxicidade e fotossíntese total foram verificados e a MS da parte aérea em V₈ foi superior. Resultados semelhantes com redução de MS também foram observados de acordo com os níveis das lesões foliares em milho (PROCÓPIO et al., 2006; PORTUGAL, 2013). Mesmo experimentos realizados em casa de vegetação, como do presente estudo, relatam que efeitos de temperatura durante a condução do trabalho podem ocasionar diferenças na metabolização de herbicidas.

Para o fator herbicidas observaram-se diferenças ao longo das avaliações realizadas nas variáveis (Tabelas 1 a 4). Para a variável fitotoxicidade todas as lesões avaliadas foram inferiores a 16,3% de injúrias nas plantas (Tabela 1). A fitotoxicidade ocorreu a partir de 7 DAH, sendo que o tembotriona (11,2 %) diferenciou da testemunha (0,2 %). A fitotoxicidade na planta ocasionada pelo uso do mesotriona e nicosulfuron apresentaram maiores valores em relação a testemunha (16,3 e 14 %), respectivamente. Aos 14 DAH os herbicidas não diferenciaram estatisticamente entre si, somente em relação a testemunha. Já aos 21 DAH, embora os efeitos fitotóxicos tenham sido reduzidos, o mesotriona e nicosulfuron (8,7 %) apresentaram

fitotoxicidade superior em relação a testemunha (0,7 %) e o tembotriona (5,4 %).

A MS da parte aérea em V₈ na parcela tratamento testemunha não diferiu daquela de tembotriona, enquanto a aplicação de nicosulfuron e mesotriona, resultaram em MS da parte aérea 18,6 e 5,9% menores que da testemunha (Tabela 1).

Para a variável teor relativo de clorofila na folha (TRC) no milho, os herbicidas não diferiram entre si, nas avaliações de 7 e 14 DAH, mastodos herbicidas reduziram a leitura SPAD em aproximadamente 8,7%, comparados à testemunha. Aos 21 DAH não houve diferenças entre os tratamentos herbicidas (Tabela 2).

Tabela 2: Teor relativo de clorofila na folha de milho 7, 14 e 21 dias após a aplicação de herbicidas (DAH), na média de dois experimentos em função de herbicidas e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura

Experimento	Teor relativo de clorofila (Leitura SPAD)		
	7 DAH	14 DAH	21 DAH
I	53,3 a [*]	53,3 a	54,4 a
II	52,3 a	53,2 a	53,3 a
Herbicida¹			
Testemunha	57,1 a*	56,3 a	56,7 a
Mesotriona	52,7 b	52,3 b	54,5 a
Tembotriona	52,9 b	52,9 b	55,0 a
Nicosulfuron	51,5 b	51,4 b	51,6 a
Épocas de aplicação N²			
7 DA	54,3 a*	52,4 a	54,6 a
ND	54,1 a	54,0 a	54,6 a
7 DD	52,6 a	53,3 a	54,0 a
CV**	6,4	6,0	6,4

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. **Coeficiente de variação. ¹Adicionado atrazina junto aos herbicidas. ²Época de aplicação do nitrogênio 7 dias antes do herbicida, no mesmo dia do herbicida e aos 7 dias depois do herbicida.

A fotossíntese total (FT) da planta apresentou diferença entre os herbicidas aos 7 DAH, em que o tratamento com tembotriona não diferenciou em relação a testemunha (Tabela 3). O mesotriona e nicosulfuron indicam redução em 9,8% e 10,4%, respectivamente, em relação a testemunha para FT. Aos 14 e 21 DAH, o tratamento com nicosulfuron resultou na planta aumento da FT em 7,5% e 9,2%, respectivamente para os dias avaliados, embora não tenha apresentado diferença na análise com o tembotriona. O tratamento com mesotriona, para as mesmas datas de avaliação acima descritas, apresentou um aumento de 3,5% e 5,7% comparado com a testemunha (Tabela 3).

Tabela 3 - Fotossíntese total (FT) na planta de milho 7, 14 e 21 dias após a aplicação do herbicida (DAH), na média de dois experimentos em função de herbicidas e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura

Experimento	Fotossíntese total		
	7 DAH	14 DAH	21 DAH
I	4197 a*	3704 a	3765 a
II	3879 b	3103 b	3049 b
Herbicida¹			
Testemunha	3771 b*	3261 c	3209 c
Mesotriona	4180 a	3379 b	3403 b
Tembotriona	4031 ab	3449 ab	3484 ab
Nicosulfuron	4211 a	3526 a	3533 a
Época de aplicação N²			
7 DA	-	3439 a	3374 a
ND	4066 a*	3373 a	3407 a
7 DD	4016 a	3399 a	3441 a
CV**	10,4	6,48	5,88

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. **Coeficiente de variação. ¹Adicionado atrazina aos herbicidas. ²Época de aplicação do nitrogênio aos 7 dias antes do herbicida, no mesmo dia do herbicida e aos 7 dias depois do herbicida.

Os menores valores de FT foram observados nas plantas de milho do tratamento testemunha, os quais indicam melhor conversão de energia pela planta. De certa forma, este efeito relaciona-se a fitotoxicidade das plantas nas quais os herbicidas estão ainda sendo metabolizados. A fotossíntese total (FT), avaliada através do fluorômetro, sugere que quanto maior o valor observado na avaliação, maior a energia luminosa captada pelas folhas e que não está sendo utilizada para a etapa fotoquímica da fotossíntese, ou seja, constitui-se em perda de energia pela planta.

Outro parâmetro medido, através do fluorômetro, juntamente com a fotossíntese total, foi a fotossíntese quântica (QY) (Tabela 4).

Tabela 4 - Fotossíntese quântica (QY) na planta de milho 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas (DAH), na média de dois experimentos, em função de herbicidas e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura

Experimento	Fotossíntese quântica		
	7 DAH	14 DAH	21 DAH
I	0,71 b*	0,78 a	0,79 a
II	0,77 a	0,71 b	0,74 b
Herbicida			
Testemunha	0,79 a*	0,76 a	0,77 a
Mesotriona	0,76 b	0,75 a	0,76 a
Tembotriona	0,74 b	0,75 a	0,76 a
Nicosulfuron	0,70 c	0,74 a	0,77 a
Época de aplicação N¹			
7 DA	-*	0,74 a	0,76 a
ND	0,75 a	0,75 a	0,77 a
7 DD	0,75 a	0,75 a	0,76 a
CV**	5,3	4,6	3,1

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. **Coeficiente de variação. ¹Época de aplicação do nitrogênio aos 7 dias antes do herbicida, no mesmo dia do herbicida e aos 7 dias depois do herbicida.

O efeito em função dos herbicidas foi significativo somente na avaliação 7 DAH. No tratamento nicosulfuron, a planta apresentou 11,4% de redução na QY em relação ao tratamento testemunha, consequentemente aumento de perda de absorção de energia 7 DAH. O tratamento mesotriona e tembotriona, a planta apresentou redução da QY em 3,8% e 6,3%, respectivamente em relação ao tratamento testemunha (Tabela 4).

Nos dois experimentos realizados, os sintomas de fitotoxicidade se caracterizaram com clorose, lesões amareladas para o herbicida nicosulfuron e branqueadas para os herbicidas mesotriona e tembotriona. Em alguns vasos as lesões ocasionaram queimaduras nas bordas das folhas, principalmente no uso dos herbicidas nicosulfuron e mesotriona.

Valores de fitotoxicidade de 0 a 15% também foram verificados em milho avaliando-se épocas de aplicação e doses de herbicidas (JOHNSON et al, 2002). A aplicação de herbicidas pós-emergentes na fase inicial da cultura, como os em estudo neste trabalho, além de controlar plantas daninhas, não afeta o desenvolvimento do milho (MAGALHÃES et al., 2000; PORTUGAL, 2013). Resultados semelhantes (Tabela 1) foram encontrados em experimentos com milho pipoca usando-se o herbicida tembotriona em pós emergência (FREITAS, 2009). Este autor observou os efeitos de fitotoxicidade, caracterizados por clorose até 13 dias após a aplicação do herbicida.

Ao observar o efeito do nicosulfuron, em que a MS da parte aérea em V₈ apresentou maiores perdas de peso, Spader & Vidal

(2001), relatam que a seletividade dos herbicidas sulfonilureias baseia-se em diferentes taxas de metabolização dos mesmos pelas plantas e nas velocidades de translocação e absorção pelos vegetais.

Outros trabalhos com herbicidas diuron e tebuthiuron em plantas *Digitaria nuda*, proporcionaram lenta redução da taxa de transporte de elétrons e posteriormente recuperada, porém este fato acarretou em redução da MS das plantas (TROPALDI et al., 2015). Isto demonstra que o nível de interação do herbicida com o sítio de ação decresce levemente após intoxicação inicial, porém a planta volta a exercer suas atividades normalmente.

A análise de variância não identificou diferenças significativas para o fator época de aplicação do nitrogênio (N) para as variáveis fitotoxicidade, fotossíntese total e quântica e teor relativo de clorofila (Tabelas 1 a 4). A MS da parte aérea no estágio V₈ foi 6,2% superior aquela que as plantas receberam N aplicado no mesmo dia do herbicida relação a aplicação de N 7 DA. Com a aplicação de N em cobertura 7 DA, a MS da parte aérea do milho não diferenciou estatisticamente da aplicação aos ND e 7 DD. Efeitos dos tratamentos de herbicida e doses de N foram observados em outros trabalhos a medida que as lesões aumentaram a MS demonstrou relação inversa (FLECK et al, 2001; NICOLAI et al. 2006).

O teor relativo de clorofila na folha do milho é considerado característica secundária e pode ser ferramenta auxiliar na avaliação nutricional de nitrogênio em trabalhos que visam ao aumento da eficiência do uso de nitrogênio de genótipos (ANDRADE et al., 2003). A correlação positiva entre N e os teores de clorofila, já

que 50 a 70% do N total das folhas integra enzimas associadas aos cloroplastos serve para monitorar sanidade da planta (ROCHA et al., 2005). No presente estudo, a leitura do TRC de milho nos estádios V4, V6 e V8 não foi influenciada pela adubação nitrogenada, provavelmente porque a demanda de N por ocasião das avaliações era baixa, e os valores de matéria orgânica no solo mostraram-se elevados. Por outro lado, o incremento nas doses de nitrogênio proporciona aumento linear na leitura do TRC em estádios mais avançados (ANDRADE et al., 2003; RAMBO, 2005; KAPPES et al., 2014;), porém neste trabalho foi usada dose única nas diferentes épocas de aplicação do N em cobertura.

Visto da necessidade de avaliar o efeito da fitotoxicidade em híbridos contrastantes conduziu-se o Experimento II, com inclusão do fator híbrido. A análise isolada do Experimento II indicou a existência de interação de híbridos e herbicidas para fitotoxicidade 7 DAH (Tabela 5). Para as demais variáveis houve somente efeito simples dos fatores híbridos, herbicidas e épocas de aplicação de N (Tabelas 6 a 9).

Na Tabela 5 é apresentada a interação que ocorreu entre os fatores herbicidas e híbridos para fitotoxicidade visual avaliada 7 DAH. Para o híbrido P30F53HR, a fitotoxicidade do herbicida tembotriona no milho foi baixa e não diferiu daquela da testemunha. Já, mesotriona (15,8 %) e nicosulfuron (13,3 %) resultaram em alta fitotoxicidade no milho em comparação com a testemunha (1,7%). No híbrido P1630H, os maiores valores de fitotoxicidade no milho ocorreram após aplicação de mesotriona, enquanto os menores valores no milho que recebeu aplicação de tembotriona e na testemunha.

Ao comparar o mesmo tratamento de herbicidas entre híbridos não houve diferença entre os herbicidas tembotriona e nicosulfuron, enquanto que a testemunha e mesotriona apresentaram diferenças entre os híbridos (Tabela 5).

Tabela 5 – Fitotoxicidade 7 dias após aplicação dos herbicidas (DAH) na interação de híbridos e herbicidas

Híbridos	Herbicidas			
	Testemunha	Mesotriona	Tembotriona	Nicosulfuron
P30F53HR	b 1,7 B*	b 15,8 A	a 3,3 B	a 13,3 A
P1630H	a 3,3 C	a 19,6 A	a 6,6 C	a 15,0 B

*Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na linha e antecipadas pela mesma letra minúscula na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. Coeficiente de variação: 18,7.

Na maioria dos híbridos, a tolerância é mais acentuada nos estádios iniciais de desenvolvimento. Outros autores mostram que tratamentos promovem temporariamente sinais de fitotoxicidade, embora apresentem diferenças na MS em diferentes estádios de avaliação (CONTIERO, 2002; CONSTANTIN, 2006; FACCHIN, 2009; PORTUGAL, 2013).

O efeito das variáveis fitotoxicidade e TRC não variaram para o fator híbridos (Tabela 6 e 7). Já a MS em V_8 e a fotossíntese quântica foram superiores para o híbrido P30F53HR, enquanto que a fotossíntese total foi superior no híbrido P1630H (Tabelas 6 a 9).

O híbrido P1630H apresentou maior fotossíntese total aos 14 e aos 21 DAH, o que demonstra que este híbrido teve a conversão de energia em massa seca afetada (Tabela 8). A fotossíntese quântica a análise estatística mostrou diferenças entre os híbridos a partir dos 14 DAH, quando o híbrido P30F53HR apresentou superioridade aos 4% e 1,3% aos 14 e 21 DAH, respectivamente.

Trabalhos realizados com diferentes híbridos e sulfonilureias mostraram aos 7 DAH, houve uma pequena alteração foliar, caracterizada por descolorações e deformações (CONTIERO, 2009; GUERRA et al., 2010; MASCARENHAS, 2004). Essas deformações foram caracterizadas por sintoma de enrugamento, principalmente para as maiores doses dos herbicidas. Esses sintomas permaneceram até os 14 dias após a aplicação dos herbicidas, desaparecendo naturalmente após 21 dias, sendo que todos os híbridos se recuperaram de maneira semelhante (GUERRA et al., 2010).

Além de milho, estudos realizados com diferentes híbridos de canola, foi observado diferenças na fluorescência total da clorofila que pode ser considerada uma medida de caracterização da adaptação dos genótipos ao ambiente em que foram cultivados (DURIGON et al. 2014).

No entanto, pequenas variações podem ser atribuídas as condições ambientais, uma vez que a capacidade fotossintética da planta pode alterar devido a estresse biótico ou abiótico, oscilação da temperatura, radiação, água, salinidade e presença de insetos ou fungos (ARALDI et al. 2015). Em canola, os maiores valores de fluorescência da clorofila e menores valores de rendimento quântico indicando a perda de energia luminosa (Durigon et al., 2014). Efeitos semelhantes podem ser observados nos resultados obtidos neste estudo com a FT e QY nos híbridos P30F53HR e P1630H (Tabelas 8 e 9).

Os herbicidas influenciam nas três épocas de avaliação da fitotoxicidade, MS e TRC, mas não variaram em função da fotossíntese total e quântica (Tabelas 6 a 9). Aos 7 DAH o herbicida tembotriona não diferenciou da testemunha para a variável

fitotoxicidade. O nicosulfuron (14,1 %) e mesotriona (23,7 %) foram os herbicidas que apresentaram maior fitotoxicidade em relação a testemunha (2,5 %) e o tembotriona (5 %) (Tabela 6). A fitotoxicidade permanece na avaliação aos 14 DAH, quando as lesões causadas pelo nicosulfuron (14,5 %) são superiores ao tembotriona (3,3 %) e ao mesotriona (8,3 %). O herbicida tembotriona não diferenciou da testemunha a qual apresentou 1,2 % de fitotoxicidade. Aos 21 DAH, o mesotriona (8,7 %) e nicosulfuron (3,3 5) apresentaram valores de fitotoxicidade superiores ao tembotriona (0,8 5) e a testemunha (0 %).

Tabela 6 - Fitotoxicidade 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas (DAH) e massa seca (MS) da parte aérea no estádio V₈ do milho, em função de híbridos, herbicidas e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura

Híbridos	Fitotoxicidade (%)			MS (g vaso ⁻¹) ³
	7 DAH	14 DAH	21 DAH	Estádio V ₈
P30F53HR	14,1 a*	6,2 a	2,7 a	44,6 a
P1630H	8,5 a	7,5 a	3,7 a	38,7 b
C.V**	17,3	18,5	11,7	8,9
Herbicida¹				
Testemunha	2,5 c*	1,2 c	0,0 b	45,6 a
Mesotriona	23,7 a	14,5 a	8,7 a	39,7 b
Tembotriona	5,0 c	3,3 c	0,8 b	43,6 a
Nicosulfuron	14,1 b	8,3 b	3,3 a	37,8 b
C.V	19,4	11,7	13,9	8,9
Época de aplicação N²				
7 DA	-	8,4 a	4,0 a	41,6 a
ND	14,63 a*	6,5 a	2,8 a	42,4 a
7 DD	13,4 a	5,6 a	2,8 a	41,0 a
CV	16,6	10,4	10,4	8,9

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. **Coeficiente de variação. ¹Adicionado atrazina nos herbicidas. ²Época de aplicação do nitrogênio aos 7 dias antes do herbicida, no mesmo dia do herbicida e aos 7 dias depois do herbicida. ³Massa seca da parte aérea de 5 plantas no vaso.

Para MS em V₈, o herbicida tembotriona não diferenciou da testemunha, enquanto que o mesotriona apresentou MS 12,9% menor que a testemunha, mas não diferenciou do tratamento com nicosulfuron (Tabela 6).

Aos 7 DAH, a testemunha apresentou TRC superior comparando com os três herbicidas utilizados no experimento. Na avaliação aos 14 DAH, para o TRC, o herbicida tembotriona não diferenciou da testemunha e dos demais tratamentos (Tabela 7).

Tabela 7 - Teor relativo de clorofila na planta de milho 7, 14 e 21 dias após a aplicação do herbicida (DAH), em função de híbridos, herbicidas e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura

Experimento	Teor relativo de clorofila		
	7 DAH	14 DAH	21 DAH
P30F53HR	53,3 a*	53,3 a	53,3 a
P1630H	52,3 a	53,7 a	54,5 a
CV**	8,7	14,9	8,1
Herbicida			
Testemunha	57,1 a*	56,5 a	57,3 a
Mesotriona	52,7 b	51,6 b	53,4 b
Tembotriona	52,9 b	53,7 ab	54,7 ab
Nicosulfuron	51,5 b	51,9 b	51,1 c
CV**	10,7	8,9	6,3
Época de aplicação N¹			
7 DA	-	52,4 a	54,1 a
ND	53,0 a [†]	54,1 a	54,1 a
7 DD	51,1 a	53,7 a	53,5 a
CV**	9,5	7,7	6,6

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. **Coeficiente de variação. ¹Época de aplicação do nitrogênio aos 7 dias antes do herbicida, no mesmo dia do herbicida e aos 7 dias depois do herbicida.

Aos 21 DAH, o tratamento de nicosulfuron apresentou TRC menor que os demais tratamentos, seguido do mesotriona e tembotriona. O tratamento tembotriona não diferenciou do tratamento testemunha. Os sintomas de fitotoxicidade foram superficiais e não chegam a atingir o teor de clorofila. Neste trabalho, observa-se que os valores do TRC foram significativos até as avaliações realizadas 14 DAH, momento em que foram observados os maiores valores de fitotoxicidade pelos herbicidas testados. Estes resultados conferem com os obtidos por Guerra et al. (2010), onde obteve diferentes valores de leituras de acordo com herbicidas e híbridos de milho utilizados no experimento, nas diferentes épocas de aplicação de N em relação a aplicação do herbicida. Outro fato importante é a rápida degradação metabólica, principalmente dos herbicidas mesotriona e tembotriona em combinação com a atrazina, o que afeta positivamente a biossíntese de carotenóides e reduz a fitotoxicidade (SCHULTE & KOCHER, 2009; RIOS et al., 2010).

Os resultados encontrados na presente pesquisa, para os diferentes herbicidas testados, concordam com os observados por Mascarenhas (2004), que testou a aplicação no mesmo dia de ureia e mesotriona + atrazina + óleo. Fatores ambientais, principalmente aqueles ocorridos durante o intervalo de 7 a 10 dias entre as aplicações são fundamentais para a metabolização do herbicida (PEIXOTO & RAMOS, 2002). Quando as condições são adequadas para o desenvolvimento da cultura, os possíveis problemas são reduzidos ou ausentes. No entanto, em regiões mais frias, a metabolização pela cultura é mais lenta, devendo se atentar mais para os fatores e prazos para manejos de nitrogênio e controle de pragas. Estes aspectos são

agravados sob condições de estresse térmico e de umidade (PEIXOTO & RAMOS, 2002). Alterações significativas nos parâmetros de fluorescência também foram encontrados em soja após aplicação de herbicida inibidor de PROTOX, tendo sido observado diferença de fitotoxicidade em folhas novas e maduras (CARRETERO, 2008).

A época de aplicação de N não variou em função de nenhuma variável analisada neste experimento (Tabelas 6 a 9).

Tabela 8 - Fotossíntese total (FT) na planta de milho 7, 14 e 21 dias após aplicação dos herbicidas (DAH), em função de híbridos, herbicidas e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura

Experimento	Fotossíntese total		
	7 DAH	14 DAH	21 DAH
P30F53HR	2530 a*	2831 b	2795 b
P1630H	2709 a	3103 a	3049 a
CV**	11,6	12,1	11,0
Herbicida			
Testemunha	2485 a*	2877 a	2826 a
Mesotriona	2895 a	3010 a	2969 a
Tembotriona	2743 a	2997 a	2981 a
Nicosulfuron	2354 a	2984 a	2913 a
CV**	7,7	8,4	7,1
Época de aplicação N¹			
7 DA	-	3014 a	2902 a
ND	3904 a*	2948 a	2907 a
7 DD	3954 a	2939 a	2958 a
CV**	8,8	9,5	8,6

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. **Coeficiente de variação. ¹Época de aplicação do nitrogênio aos 7 dias antes do herbicida, no mesmo dia do herbicida e aos 7 dias depois do herbicida.

O monitoramento de N na planta nos estádios iniciais de desenvolvimento é importante para eventual deficiências apresentadas possam ser corrigidas a tempo de não comprometer o

desenvolvimento do milho (BINDER et al., 2000). Embora o intuito desta avaliação foi a verificação do efeito fitotóxico dos herbicidas e épocas de aplicação de N nos híbridos nos estádios iniciais de desenvolvimento, observa-se a semelhança da relação do TRC entre os materiais (Tabela 7). Logo, os valores obtidos nas leituras não devem ser afetados por nenhum outro fator, além do nível de N no sistema solo-planta (SCHRODER et al., 2000), fato que não ocorreu neste trabalho uma vez que tinha-se os herbicidas em ação no metabolismo das plantas, fato que pode ter afetado a leitura SPAD.

Ao longo dos 21 dias os efeitos em função de herbicidas e época de aplicação de N não variaram, embora os valores quânticos tenham aumentando proporcionalmente em relação ao desenvolvimento da cultura. O sinal básico da fluorescência possui níveis característicos, que refletem o “status” da planta naquele momento, em relação ao seu próprio metabolismo e desde com o ambiente em que se encontra (RIBEIRO et al, 2004; BAKER, 2008). Com isto, as diferenças observadas na FT e QY estão diretamente relacionadas as características específicas de cada híbrido juntamente com as reações metabólicas após aplicação de herbicidas e nitrogênio em cobertura.

A fotossíntese é o processo bioquímico na planta que tem quantitativamente a maior demanda de N. A enzima Rubisco, em plantas C₄, responde por cerca de um quarto das proteínas presentes nas folhas. Por isso, diminuições no conteúdo de N na folha estão associadas invariavelmente a diminuição da taxa de fotossíntese (SINCLAIR & VADEZ, 2002). Desta forma, os efeitos na FT e QY não foram afetados pelo fato da fitotoxicidade ter apresentado lesões

inferiores a que poderiam afetar a taxa de fotossíntese na planta nos estádios de avaliação (Tabelas 8 e 9).

Tabela 9 - Fotossíntese quântica (QY) na planta de milho 7, 14 e 21 dias após a aplicação dos herbicidas (DAH) em função de híbridos, herbicidas e épocas de aplicação de nitrogênio em cobertura

Experimento	Fotossíntese quântica		
	7 DAH	14 DAH	21 DAH
P30F53HR	0,74 a*	0,74 a	0,75 a
P1630H	0,72 a	0,71 b	0,74 b
CV**	5,0	7,7	3,8
Herbicida			
Testemunha	0,73 a*	0,74 a	0,74 a
Mesotriona	0,72 a	0,72 a	0,74 a
Tembotriona	0,73 a	0,73 a	0,74 a
Nicosulfuron	0,72 a	0,73 a	0,76 a
CV**	3,9	5,6	3,6
Época de aplicação N¹			
7 DA	-	0,72 a	0,75 a
ND	0,74 a*	0,73 a	0,75 a
7 DD	0,80 a	0,73 a	0,74 a
CV**	4,9	5,7	2,66

*Médias seguidas pela mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Duncan, ao nível de 5% de probabilidade. **Coeficiente de variação. ¹Época de aplicação do nitrogênio aos 7 dias antes do herbicida, no mesmo dia do herbicida e aos 7 dias depois do herbicida.

Neste experimento, de acordo com as características avaliadas, a fitotoxicidade apresenta-se com teores diferentes entre os híbridos, principalmente na avaliação aos 7 DAH. Estes dados conferem com os resultados de fotossíntese total e quântica, onde o efeito ocorreu em função dos híbridos. O teor relativo de clorofila, que apresentou variações com os herbicidas, o efeito também se mostrou presente na MS em V8. A maior fitotoxicidade foi apresentada pelo

híbrido P30F53H aos 7 DAH e os maiores efeitos foram apresentados pelo herbicida mesotriona.

4 CONCLUSÕES

A fitotoxicidade dos herbicidas mesotriona, tembotriona e nicosulfuron independe da época de aplicação de N em cobertura e do híbrido de milho utilizado.

A fotossíntese total e quântica e o teor relativo de clorofila na folha demonstram a eficiência da cultura em recuperar e manter a taxa fotossintética. Estes parâmetros podem ser avaliados e indicar danos causados por herbicidas pós-emergentes.

O mesotriona e o nicosulfuron causam maior fitotoxicidade que tembotriona logo após aplicação do herbicida, embora os sintomas não sejam perceptíveis com o desenvolvimento da planta.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nos dois anos de estudo, a fitotoxicidade dos herbicidas causou leves sintomas no milho. As lesões restringiram-se à coloração amarelada e branca. No entanto, em algumas plantas observou-se queimaduras nas nervuras de folhas. A fitotoxicidade foi menor com o desenvolvimento da cultura e 21 dias após a aplicação dos herbicidas foi ausente. A fitotoxicidade observada no experimento a campo entre 2,5 a 14,4% não foi suficiente para afetar o rendimento de grãos da cultura.

A época de aplicação da adubação nitrogenada em cobertura afetou negativamente o rendimento de grãos do milho, uma vez que a aplicação de nitrogênio ocorreu entre os estádios de desenvolvimento V₃ a V₆. Todavia, a dose de nitrogênio neste experimento foi única e as precipitações na região em meses de outubro foram altas nos dois anos de experimento, o que pode ter ocasionado lixiviação deste nutriente. No experimento em casa de vegetação, este mesmo fator não afetou a fitotoxicidade de herbicidas no milho.

O método de aplicação de N incorporado não afetou a fitotoxicidade foliar do milho, porém o rendimento de grãos independe deste fator analisado. Este resultado, no entanto, afetou a massa seca da parte aérea avaliada no estágio V₈ que se mostrou superior quando N foi incorporado ao solo.

Aparelhos como clorofilog e fluoropen podem ser usados como auxiliares/indicadores para verificar condições nutricionais das

plantas, principalmente em meios acadêmicos e pesquisa devido aos dispêndios com sua aquisição. Além da avaliação visual, estes equipamentos, juntamente com outras características de planta, também avaliadas neste projeto de pesquisa desenvolvido geram dados confiáveis para subsidiar a tomada de decisão para definir época e método de aplicação de N em cobertura, após (ou próximo) do estágio de aplicação do herbicida pós-emergente.

Há carências de estudos científicos que avaliaram e aprofundaram a análise da interação dos fatores adota neste trabalho. Análises detalhadas na metabolização de herbicidas são importantes para entender reações fisiológicas das diferentes culturas à medida que novas moléculas são liberadas ao mercado.

Independentemente da tecnologia adotada, herbicidas, época de aplicação da adubação nitrogenada em cobertura e os métodos de aplicação do N, há necessidade de conhecer a escala fenológica da cultura e processos fisiológicos que ocorrem em cada etapa do desenvolvimento da planta. Nesta perspectiva, pode-se atingir altos potenciais produtivos e aumentar a produção de alimentos e afetar menos o ambiente.

Como mensagem final, a aplicação de herbicidas e nitrogênio em cobertura no milho podem ser aplicados simultaneamente sem afetar o rendimento de grãos desta cultura, desde que as condições ambientais no momento destes manejos sejam adequadas.

6 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDERSON, D. D.; NISSEN, S. J.; MARTIN, A. R.; ROETH, F. W. Mechanism of primisulfuron resistance in a shattercane (*Sorghumbicolor*) biotype. *Weed Science*, Congress, v.46, n.1, p.158-162, 1998.

ANDRADE, R.V. Importância e uso do banco de germoplasma para melhoramento genético vegetal – milho. In: UNDRY, C.V.; DUARTE, W. *Uma história brasileira do milho: o valor dos recursos genéticos*. Brasília: Paralelo 15, 2000. p.79-84.

ARMEL, G. R.; HENRY, P. W.; ROBERT, J. R.; THOMAS, E. H. Mesotrione Alone and Mixtures with Glyphosate in Glyphosate-Resistant Corn (*Zea mays*). *Weed Technology*, Painter, v.17, n.4, p. 680-685, oct/dec, 2003.

AMADO, T. J. C.; MIELNICZUK, J.; AITA, C. Recomendação de adubação nitrogenada para milho no RS e SC adaptada ao uso de culturas de cobertura de solo, sob sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.26, p.241-248, 2002.

ARALDI, R.; CORNIANI, N.; TROPALDI, L.; GIROTTO, M.; BELAPART, D.; SIMÕES, P. S.; VELINI, E. D. Chlorophyll fluorescence in guanandi tree (*Calophyllum brasiliense*) after herbicide application. *Planta Daninha*, Viçosa, v.33, n.1, p.77-82, 2015.

ARTILIP, T. S.; WIESIEUSKI, M. E. Induction of proteins in response to biotic and abiotic stresses. In: PESSARAKLI, M. (Org.). *Handbook of plant and crop physiology*. New York: Marcel Dekker, p.657-679, 2002.

BACHIEGA, A. L.; SOARES, J. E. Callisto (mesotrione) – Novo herbicida para o controle de plantas daninhas em pós-emergência, na cultura do milho. In: Congresso brasileiro da ciência das plantas daninhas, 23., Londrina, 2002. Resumos. Londrina; SBCPD; *EmbrapaClima Temperado*, p.655, 2002.

BAKER, B. Chlorophyll Fluorescence: A Probe of Photosynthesis In Vivo. *Annual Review of Plant Biology*, Boca Raton, v.59, p.89-113, 2008.

BALBINOT JR., A. A.; FLECK, N. G. Manejo de plantas daninhas na cultura de milho em função do arranjo espacial de plantas e características dos genótipos. *Ciência Rural*, Santa Maria, v. 35, n.1, p.245-252, 2005.

BINDER, D. L.; SANDER, D. H; WALTERS, D. T. Maize response to time of nitrogen application as affected by level of nitrogen deficiency. *Agronomy Journal*, v.92, n.6, p.1228-1236, 2000.

BRAY, E. A.; BAILEY-SERRES, J.; WERELTILNYK, E. Responses to abiotic stresses. In: BUCHANAN, E.; GRUISSEM, W.; JONES, R (Org.). *Biochemical and molecular biology of plants*. Rockville: American Society of Plant Physiologists , 2000. p.1158-1249.

BULL, L. T. Nutrição mineral do milho. In: BULL, L. T.; CANTARELLA, H. (Org.). *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba: Potafos, 1993, p.63-145.

CANTARELLA, H. Calagem e adubação do milho. In: BÜLL, L. T. & CANTARELLA, H. (Eds.) *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba, Potafos, 1993, p.63-146.

CANTARELLA, H.; DUARTE, A. P.; ANDRADE, C. A. Manejo de nitrogênio e de matéria orgânica em milho no sistema plantio direto. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Eds.). *Milho: tecnologia & produção*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, 2005, p.59-82.

CARRETERO, D. M. *Efeitos da inibição da protoporfirinogênio IX oxidase sobre as trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em plantas de soja (Glycine maxL. Merrill)*. 2008. 57 f. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2008.

CATUNDA, M. G.; FREITAS, S. P.; OLIVEIRA, J. G.; SILVA, C. M. M. Efeitos de herbicidas na atividade fotossintética e no

crescimento de abacaxi (*Ananas comosus*). *Planta Daninha*, Viçosa, v.23, n.1, p.115-121, 2005.

CATHCART, R. J.; SWANTON, C. J. Fertilizer nitrogen rate and the response of weeds to herbicides. *Weed Science*, Congress, v.52, p.291-296, 2004.

COELHO, A. M.; FRANÇA, G. C.; BAHIA, A. F. C.; GUEDES, G. A. Doses e métodos de aplicação de fertilizantes nitrogenados na cultura do milho sob irrigação. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, p.61-67, 1992.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO (CONAB). *Acompanhamento da safra 2013/2014*. Levantamento em junho de 2014. Disponível em <http://www.conab.gov.br>. Acesso em: 01 jul. 2014.

COSTA, F. M. P. Nitrogênio e produtividade de grãos de milho. In: FANCELLI, A. L.; DOURADO NETO, D. (Eds.). *Milho: tecnologia & produção*. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", 2005. p.118-128.

CHRISTOFFOLETI, P. J. *Resistência de plantas daninhas aos herbicidas*. In: SIMPÓSIO SOBRE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS. Dourados: EMBRAPA, 1997. p.75-94.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; MENDONÇA, C. G. de. Controle de plantas daninhas na cultura do milho: enfoque atual. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (Coord.) *Milho: tecnologia e produtividade*. Piracicaba: ESALQ/LPV, 2001b. p.60-95.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR. R. S.; BLAINSKI, E.; HOMEM, L. M. Seletividade e eficácia agrônômica do novo herbicida tembotrione para a cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 25, 2006. Brasília. *Anais...* Brasília, 2006. p.85-87.

CONTIERO, R. L. Seletividade dos herbicidas nicosulfuron e foramsulfuron + iodosulfuron methyl sodium a diferentes cultivares de

milho. Semina: *Ciências Agrárias*, Londrina, v.30, suplemento 1, p. 1123-1134, 2009.

CONTIERO, R. L.; LOPES, M.C. Eficiência e toxicidade de herbicidas no controle de plantas em pós-emergência na cultura do milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 23, 2002. Londrina. *Resumos...* Londrina: SBCPD; Embrapa Clima Temperado, 2002. p.328.

CORREA, M. J. P.; ALVES, A. C. L. Efeitos da aplicação de herbicidas sobre a eficiência fotoquímica em plantas de soja convencional e geneticamente modificadas. *Ciências Agrárias*, Lavras, vol.34, n.5, Sept/oct, 2010.

DAYAN, F. K.; ZACCARRO, M. L. de M. Chlorophyll fluorescence as a marker for herbicide mechanism of action. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, v.102: p.189-197, 2012.

DEVINE, M.; DUKE, S. O.; FEDTKE, C. *Physiology of herbicide action*. Englewood Cliffs: PTR Prentice Hall, 1993. 441p.

DURIGON, M. R.; CAMERA, A. S.; GRADIN, R. S.; CHAVARRIA, G.; TOMM, G. O. Potencial fotossintético de híbridos de canola. *Resumos*, 1^o Simpósio Latino Americano de Canola. Passo Fundo, 2014. p.132.

DURNER, J.; GAILUS, V.; BOGER, P. New aspects on inhibition of plant acetolactate synthase depend on flavin adenine dinucleotide. *Plant Physiology*, v.25, p.1144-1149, 1991.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 2. ed.. Brasília, 2006. 306p.

FACCHIN, F. *Seletividade de herbicidas nicosulfuron para as culturas de milho e arroz*. 2009. Dissertação (Mestrado)– Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Piracicaba, 2009. 75p.

FAHL, J. L.; CARELLI, M. L. Eficiência do nicosulfuron no controle de capim massambará na cultura do milho. *Planta Daninha*, Londrina, v.15, n.1, p.46 – 52, 1997.

FANCELLI, A. L.; DOURADO-NETO, D.. *Produção de milho*. Guaíba: Pesquisa Agropecuária, 2000. p.360.

FLECK, N. G.; RIZZARDI, M. A.; NEVES, R.; AGOSTINETO, D. Ação dos herbicidas atrazina e glufosinate de amonio no aproveitamento do nitrogênio pelas plantas de milho. *Planta Daninha*, Viçosa, v.19, p.235-245, 2001.

FONNE-PFISTER, R.; GAUDIN, K.; KREUZ, K.; RAMSTEINER, K., ELBERT, E. Hydroxilation of primisulfuron inducible cytochrome P450 dependent monooxygenase system from maize. *Pesticide Biochemistry Physiology*, v.37. n.1, p.165-173, 1990.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS (FAO). *FAOSTAT data 2014*. Disponível em: <<http://faostat.fao.org/faostat/collections>>. Acesso em: 10 de jul. 2014.

FREITAS, S. P.; MOREIRA, J. G.; FREITAS, I. L. J.; FREITAS JÚNIOR, S. P.; AMARAL JÚNIOR, A. T.; SILVA, V. Q. R. Fitotoxicidade de herbicidas a diferentes cultivares de milho-pipoca. *Revista Planta Daninha*, Viçosa, v.27, p.1095-1103, out/dez, 2009.

FURTADO, D. A. S. *Seletividade e eficácia agrônômica do herbicidasotrione na cultura do milho*. 2004. Dissertação (Mestrado) -Universidade Federal de Lavras, Lavras. p. 68.

GROSSMANN, K.; ELRHARDT, T. On the mechanism of action and selectivity of the corn herbicide topramezone: a new inibitor of 4-hydroxyphenylpyruvate dioxygenase. *Pesticide Managment Science*, v.63, p.429-439, 2007.

GUBBIGA, N. G.; WORSHAM, A. D.; COBLE, H. D. Effect of nicosulfuron on johnsongrass (*Sorghum halepense*) control and corn (*Zea mays*) performance. *Weed Technology*, v.9, n.1, p.3574-3581, 1995.

GUERRA, N.; NETO, A. M. de O.; MACIEL, C. D. G.; POLETINE, J. P.; LIMA, G. R. G.; JUNIOR, L. C. S. Seletividade de formulações

de nicosulfuron para híbridos de milho em função da época de adubação nitrogenada. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v.9, n.3, p. 89-99, 2010.

IDZIAK, R.; WOZNICA, Z. Effect of nitrogen fertilizers and oil adjuvants on nicosulfuron efficacy. *Field Crops*, v.18, n.2, p.174-178, 2013.

JAKELAITIS, A.; SILVA, A. A. da; FERREIRA, L. R. Efeitos de herbicidas em consórcio de milho com *Brachiaria brizantha*. *PlantaDaninha*, Viçosa, v. 23, p.69-78, Jan./Mar., 2005a.

JOHNSON, B. C.; YOUNG, B. G.; MATTHEWS, J. L. Effect of post emergence application rate and timing of mesotrione on corn (*Zeamays*). Response and weed control. *Weed Technology*, Clemson, v.16, p.414 – 420, jun/aug., 2002.

JOHNSON, B. C.; YOUNG, B. G.. Influence of temperature and relative humidity on the foliar activity of mesotrione. *Weed Science*, v.50, p.157 – 161, 2002.

KAPPES, P.; ARF, O.; DAL BEM, E. A.; PORTUGAL, J. R.; GONZAGA, A. R. Manejo do nitrogênio em cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v. 13, n. 2, p. 201 – 217. 2014.

KLECZKOWSKI, L. A. Inhibitors of photosynthetic enzymes/carriers and metabolism. *Annual Review of Plant Physiology* v.45, p.339-367, 1993.

KOZŁOWSKI, L. A. Período crítico de interferência das plantas daninhas na cultura do milho baseado na fenologia da cultura. *PlantaDaninha*, v.20, n.3, p.365-372, 2002.

KRAUSE, G. H.; WEISS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basics. *Annual Review of Plant Physiology PlantMolecular Biology*, Palo Alto, v.42, p.313-349, 1991.

KRUSE, N. D. Inibidores da síntese de carotenóides. In: VIDAL, R. A.; MEROTTO JR, A. (ED). *Herbicidologia*. Porto Alegre: Gaúcha, 2001. p.113-122.

LARA CABEZAS, W. A. R.; KONDÔRFER. G. H.; MOTTA, S. A. Volatilização de N-NH₃ na cultura de milho: I efeito da irrigação e substituição parcial da uréia por sulfato de amônio. *Revista Brasileira Ciência do Solo*, v.21: p.481-487, 1997.

LARA CABEZAS, W. A. R.; TRIVELIN, P. C. O.; KORNODÔRF, G. H.; PEREIRA, S. Balanço da adubação nitrogenada sólida e fluida de cobertura na cultura do milho em sistema plantio direto no Triângulo Mineiro. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.14, p.363-376, 2000.

LEA, P. J. Nitrogen metabolism. In: LEA, P. J., LEEGOOD, R. C. *Plant biochemistry and molecular biology*. Chichester: JOHN WILEY and SONS, 1993, p.155-180.

LEE, D. L. The discovery and structural requirements of inhibitors of *phydroxyphenylpyruvate* dioxygenase. *Weed Science*, p.45, 601-609, 1997.

LOPEZ OVEJERO, R. F.. *Desempenho da cultura de milho (Zeamays) submetida a diferentes herbicidas na ausência de plantas daninhas*. Piracicaba, 2000. 46p. Dissertação (Mestrado)– Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo.

LOPEZ OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J.; NICOLAI, M.; BARELA, J. F. Manejo de plantas daninhas na cultura do milho. In: FANCELLI, A.L.; DOURADO-NETO, D. (ED) *Milho: estratégias de manejo para alta produtividade*. Piracicaba: ESALQ, LPV, 2003. p.47-79.

MAGALHÃES, P. C.; SILVA, J. B. da; DURÃES, F. O. M. Fitotoxicidade de herbicidas aplicados em pós-emergência em fase inicial da cultura do milho. *Planta Daninha*, Londrina, v.18, n.2, p.277-284, 2000.

MASCARENHAS, M. H. T. *Eficácia e seletividade do mesotrione +(atrazine + óleo vegetal) sobre híbridos de milho associado à épocas de aplicação de fertilizante nitrogenado*. Boletim Informativo Sociedade Brasileira de Ciência das Plantas Daninhas, v.24, n.2, p.279-286, 2004.

MASIUNAS, J.; PATAKY, J.; SPRAGUE, C.; WILLIAMS, M.; WAX, L. Sweet corn cultivar tolerance to mesotrione. *Weed Science*, v.44, n.1, p.58, 2004.

MATOS, M. J. L. F.; TAVARES, S. A.; SANTOS, F. F. DOS; MELO, M. F. DE; LANA, M. M. *Milho verde*. 2006. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.br/paginas/dicas_ao_consumidor/milho_verde.htm> Acesso em 20 jul. 2014.

MEROTTO JR.; A.; GUIDOLIN, A, F.; ALMEIDA, M. L.; HAVERROTH, H. S. Aumento da população de plantas e uso de herbicidas no controle de plantas daninhas em milho. *Planta Daninha*, v.15, p.141-151, 1997.

MORO, F. V.; DAMIÃO FILHO, C. R.. Alterações morfoanatomicas das folhas de milho submetidas a aplicação de nicosulfuron. *Planta Daninha*, Viçosa, v.17, n.3, p.331-337, 1999.

NICOLAI, M.; CARVALHO, S. J. P.; LÓPEZ-OVEJERO, R. F.; CHRISTOFFOLETI, P. J. *Aplicação conjunta de herbicidas na cultura do milho*. *Bragantia*, Campinas, v.65, n.13, p.413–420, jun./set., 2006.

NICOLAI, M.; LOPEZ-OVEJERO, R.; CARVALHO, S.J.P.; MOREIRA, M. S.; CHRISTOFFOLETI, P.J.; Efeitos da adubação nitrogenada em cobertura sobre a seletividade de herbicidas à cultura do milho. *Planta Daninha*, Viçosa, v. 24, n. 2, p.279-286, 2006.

OGLIARI, J.; FREITAS, S. P.; EVARISTO, J. A. E.; GOMES, S. A.; OKOROKOVA FAÇANHA, A. L.; RETAMAL, C. A.; FAÇANHA, A. R.. Sistema primário de transporte de prótons integra os mecanismos de desintoxicação do mesotrione de milho. *Planta Daninha*, Viçosa, v.27, n.4, p.799-807, 2009.

OGLIARI, J.; FREITAS, S. P.; EVARISTO, J. A. E.; GOMES, S. A.; OKOROKOVA FAÇANHA, A. L.; RETAMAL, C. A.; FAÇANHA, A. R. Análise do perfil eletroforético de proteínas citoplasmáticas para verificação do processo de desintoxicação do herbicida mesotrione em plantas de *Zea mays*. *Planta Daninha*, Viçosa, v.32, n.1, p.161-172, 2014.

OLIVEIRA JR., R. S. de. Mecanismos de ação de herbicidas. In: OLIVEIRA Jr., R.S. de; CONSTANTIN, J. *Plantas daninhas e seu manejo*. Guaíba: Pesquisa Agropecuária, p.207-260, 2001.

OLIVEIRA JR, R. S.; CONSTANTIN, J.; INOUE, M. H. *Biologia e Manejo de Plantas Daninhas*. Omnipax, Curitiba, p. 193-215, 2011.

OLUBUKOLA, A. O.; MURCHIE, E.; RAY R. V. Foliar application of isopyrazam and epoxiconazole improves photosystem II efficiency, biomass and yield in winter wheat. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, p.52–60, 2014.

PEIXOTO, C. M.; RAMOS, A. A. *Milho: manejo de herbicida*. Caderno técnico. Pelotas: Cultivar, 2002. 10p.

PEREIRA FILHO, I. A.; OLIVEIRA, M. F.; PIRES, N. M. Tolerância de híbridos de milho ao herbicida nicosulfuron. *Planta Daninha*, Viçosa, v.18, n.3, p.479-482, 2000.

Picoli Jr., G. J.; Adubação nitrogenada como estratégia para minimizar estresses ocasionados pela desfolha e fitotoxicidade foliar em milho (*Zea mays* l.). Lages, 2011. 88f.

PINAZZA, L. A. Perspectivas da cultura do milho e do sorgo no Brasil. In: BULL, L.T. *Cultura do milho: fatores que afetam a produtividade*. Piracicaba, POTAFOS, 1993. p.1-10.

PINOTTI, E. B.; BICUDO, S. J.; GODOY, L. J. G.; BUENO, C. E. M. S. Características agrônômicas de cultivares de milho em função de populações de plantas e épocas de semeadura. *Revista Científica Eletrônica de Agronomia*, FAEF–Garça, v.25,n.1, p.17–33, 2014.

PORTUGAL, L. V. *Fitotoxicidade de herbicidas pós-emergentes em híbridos de milho*. Dissertação (Mestrado Profissional em Sistemas de Produção na Agropecuária) Universidade José do Rosário Vellano. Alfenas, 2013, 53f...

PÖTTKER, D.; WIETHÖLTER, S. Épocas e métodos de aplicação de nitrogênio em milho cultivado no sistema plantio direto. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.34, n.4, p.1015-1020, jul/ago, 2004.

PROCÓPIO, S. O. de.; ROSENTHAL, M. D., PINTO, J. J. O., ABRAÃO, E., PERES, W. B., MANICA, R. Toxicidade do herbicida S-Metolachlor em plantas de milho provenientes de sementes com diferentes formatos e dimensões. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*. V.5, n.1, p.145-152, 2006.

RAJCAN, I.; SWANTON, C. J. Understanding maize weed competition: resource competition on light quality and the whole plant. *Field Crops Research*, Amsterdam, v.71, n.2, p.139-150, july/sept., 2001.

RAMBO, L. *Interação de características de plantas, de dossel e desolo para maior eficiência da adubação nitrogenada em cobertura em milho*. Tese (Doutorado)–Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2005. 190 p.

RIBEIRO, R. V.; SANTOS, M. G. dos; SOUZA, G. M.; MACHADO, E. C.; OLIVEIRA, R. F. de; ANGELOCCI, L. R.; PIMENTEL, C. Environmental effects on photosynthetic capacity of bean genotypes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.39, n.7, p.615-623, 2004.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. (Ed.). *Guia de herbicidas*. 6 ed. Londrina, PR: Edição dos autores, 2011. 697 p.

ROMAN, E. S.; BECKIE, H.; VARGAS, L.; HALL, L.; RIZZARDI, M. A.; WOLF, T. M. *Como funcionam os herbicidas da biologia a aplicação*. Passo Fundo, 2007, p. 49.

RIOS, S. A.; PAES, M. C. D.; KARAM, D.; BORÉM, A.; CARDOSO, W. S. Carotenóides em grãos de milho verde após

aplicação de herbicidas pós-emergentes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. Brasília, v.45, n.1, p.106–109, out/Nov. 2010.

RITCHIE, S.W.; HANWAY, J.J.; BENSON, G.O. *How a corn plant develops*. Ames: State University of Science and Technology, 1993.21p.

RIZZARDI, M. A.; ZANATTA, F. S.; LAMB, T. D.; JOHANN, L. B. Controle de plantas daninhas em milho em função de épocas de aplicação de nitrogênio. *Planta Daninha*, v.26, n.01, p.113-121, set/nov., 2008.

ROCHA, R. N. C.; GALVÃO, J. C. C.; TEIXEIRA, P. C.; MIRANDA, G. V.; AGNES, E. L.; PEREIRA, P. R. G.; LEITE, U. T. Relação do índice SPAD, determinado pelo clorofilômetro com teor de nitrogênio na folha e rendimento de grãos em três genótipos de milho. *Revista Brasileira de Milho e Sorgo*, v.4,p.161-171, 2005.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. *Guia de herbicidas*.5.ed. Londrina, IAPAR, 2011. 697 p.

RODRIGUES, M. J.; TUROZI, A. T.; NETTO, A. P. C.; TIMOSSO, P. C. Épocas de adubação nitrogenada relacionada à aplicação de nicosulfuron na cultura do milho. *Global Science Technology*. Rio Verde, v.05, n.01, p.70-77, jan/abr, 2012.

SANGOI, L.; SILVA, P. R. F. DA; ARGENTA, G.; RAMBO, L. *Desenvolvimento e exigências da planta de milho para altos rendimentos*. Porto Alegre, 2007, 95p.

SCHREIBER, H. A.; STANBERRY, C. O.; TUCKER, H. Irrigation and nitrogen effects on sweet corn row number at various growth stages. *Science*, v.135, p.135-136, 1988.

SCHRÖDER, J. J.; Neeteson, J. J.; Oenema, O.; Struik, P. C. Does the crop or the soil indicate how to save nitrogen in maize production? Reviewing the state of art. *Field Crops Research*, Amsterdam, v.66, n.1, p.151-164, 2000.

SERODIO J., EZEQUIEL J., FROMMLET J., LAVIALE M. and LAVAUD J. A method for the rapid generation of nonsequential light-response curves of chlorophyll fluorescence. *Plant Physiology*, v.163, p.1089–1102, 2013.

SINCLAIR, T. R.; VADEZ, V. Physiological traits for crop yield improvement in low N and P environments. *Plant and Soil*, Netherlands, v.245, n.1/2, p.1-15, 2002.

SILVA, E. C.; SILVA, S. C.; BUZETTI, S.; TARSITANO, M. A. A.; LAZARINI, E. Análise econômica do estudo de níveis e épocas de aplicação de nitrogênio na cultura de milho no sistema plantio direto em solo de cerrados. In: Congresso brasileiro de administração rural, 5., Goiânia, 2001. *Anais*. Goiânia, ABAR, 2001. CD-ROM.

SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS (SBCPD). *Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas*. Londrina: SBCPD, 1995.42p.

SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E. *Cerrado: correção do solo e adubação*. Planaltina, Embrapa Cerrados, 2002. 416p.

SPADER, V.; VIDAL, R. A. Seletividade e dose de injúria econômica de nicosulfuron aplicado em diferentes estádios de desenvolvimento da cultura do milho. *Ciencia Rural*, v.31, n.6, p.929-934, 2001.

SWANTON, C. J.; Chandler, K.; Elmes, M. J.; Murphy, S. D.; Anderson, G. W. Postemergence control of annual grasses in corn (*Zeamays*) and two annual grass weeds. *Weed Science*, Champaign, v.10,n.2, p.219-223, june/sept, 1996.

SCHULTE, S. D.; KÖCHER, H. Tembotrione and combination partner isoxadifen-ethyl-mode of herbicidal action. *BayerCropScience Journal*, Amsterdam, v.62, n.1, p.35-52, fev/apr, 2009.

TROPALDI, L.; VELINI, E. D.; CARBONARI, C. A.; ARALDI, R.; CORNIARI, N.; GIROTTO, M.; SILVA, I. P. de F. Detecção da tolerância de diferentes espécies de capim-colchão a herbicidas

inibidores do fotossistema II utilizando a técnica da fluorescência. *Ciência Rural*, Santa Maria, v.45, n.5, p.767-773, mai. 2015.

VARGAS, V. P. *Manejo da adubação nitrogenada em cobertura como estratégia na recuperação de estresses bióticos e abióticos na pós-emergência do milho*. 2010. 152 f. Dissertação (Mestrado em Manejo do Solo) - Universidade do Estado de Santa Catarina, Lages.

VARVEL, G. E.; SCHPERS, J. S.; FRANCIS, D. D. Ability for in-season correction of nitrogen deficiency in corn using chlorophyll meters. *Soil Science Journal*, p.1233-1239, 1997.

VIDAL, R. A. *Hercidas: mecanismos de ação e resistência de plantas*. Porto Alegre, 1997. 165p.

WILLIAMS, M. M. II. Planting date influences critical period of weed control in sweet corn. *Weed Science*., v.54, n.5, p.928-933, 2006.

YUAN, J. S.; TRANEL, P. J.; STEWART JR., N. Non-target-site herbicide resistance: a Family business. *Trends in Plant Science*, v.1, n.1, p. 6-13, 2006.

ZAGONEL, J.; FERNANDES, E. C. Controle de plantas daninhas e seletividade do herbicida tembotrione na cultura do milho. *Revista Brasileira de Herbicidas*, v.6, n.2, p.42-49, jul./dez. 2007.

7 APÊNDICES

Apêndice 1 - Resumo das análises de variância dos experimentos, realizados nos dois anos, para características avaliadas e relacionadas ao Capítulo I.

Causas da variação	G/L	Quadrados médios			
		Rendimento de grãos	Peso de grão	Número de grãos/espiga	Número espiga/planta
Ano (A)	1	60,7736*	12998,0845*	10144,3922 ^{ns}	0,0041*
Rep (Ano)	6	3,7697*	312,0031 ^{ns}	6003,1211 ^{ns}	0,0004*
Herbicidas(H)	3	0,3678 ^{ns}	113,6633 ^{ns}	3512,5479 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Época de aplicação de N (E)	2	3,6537*	405,3754 ^{ns}	248,4771 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Método de aplicação de N (M)	1	0,3794 ^{ns}	166,2912 ^{ns}	2064,7189 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
A x H	3	0,3477 ^{ns}	61,2427 ^{ns}	6346,0884 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
A x E	2	2,4281 ^{ns}	172,5638 ^{ns}	327,5583 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
A x M	1	1,7983 ^{ns}	327,8859 ^{ns}	3243,8082 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
H x E	6	0,9291 ^{ns}	212,2926 ^{ns}	3689,7287 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
H x M	3	1,5103 ^{ns}	251,5881 ^{ns}	2921,1515 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
E x M	2	0,2398 ^{ns}	40,9116 ^{ns}	2022,0726 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
H x E x M	6	2,0826 ^{ns}	330,1031 ^{ns}	1914,2919 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Resíduo		148	151	148	148
Total		184	187	184	184
Coefficiente de variação (%)		8,2872	7,9203	8,04710	1,2196

*Significativo pelo teste F(P<0,05); ^{ns}Não significativo pelo teste F(p<0,05).

Apêndice 2 - Resumo das análises de variância dos experimentos, realizados nos dois anos, para características avaliadas e relacionadas ao Capítulo I.

Causas da variação	GL	Quadros médios				Estatura de planta	Altura de inserção de espiga
		7 DAH	14 DAH	21 DAH	Fitotoxicidade		
Ano (A)	1	12,0121*	6,0208*	12,0125*	2,1915 ^{ns}	10,4996*	
Rep (Ano)	6	0,4458 ^{ns}	0,1595 ^{ns}	0,0520 ^{ns}	8,4197 ^{ns}	2,3378*	
Herbicidas(H)	3	12,5416*	3,8680*	0,07638 ^{ns}	1,7724*	0,1533 ^{ns}	
Época de aplicação de N (E)	2	10,3958*	18,5208*	5,2552*	1,1182 ^{ns}	2,9593*	
Método de aplicação de N (M)	1	27,5487*	72,5208	20,0208*	0,8752 ^{ns}	0,0901 ^{ns}	
A x H	3	0,5138 ^{ns}	0,4680 ^{ns}	0,0555 ^{ns}	0,0784 ^{ns}	0,0464 ^{ns}	
A x E	2	0,3125 ^{ns}	0,3333 ^{ns}	0,03906 ^{ns}	1,2162 ^{ns}	0,0391 ^{ns}	
A x M	1	0,3333 ^{ns}	0,2083 ^{ns}	0,03412 ^{ns}	0,3312 ^{ns}	0,0060 ^{ns}	
H x E	6	0,3125 ^{ns}	0,4555 ^{ns}	0,0607 ^{ns}	0,7370 ^{ns}	0,1365 ^{ns}	
H x M	3	0,5916 ^{ns}	0,5069 ^{ns}	0,0763 ^{ns}	0,7923 ^{ns}	0,1911 ^{ns}	
E x M	2	0,4125 ^{ns}	0,5208 ^{ns}	0,2552 ^{ns}	0,1410 ^{ns}	0,4877 ^{ns}	
H x E x M	6	0,4958 ^{ns}	0,2777 ^{ns}	0,0607 ^{ns}	1,1190 ^{ns}	0,0516 ^{ns}	
Resíduo		155	155	155	149	149	
Total		191	191	191	185	185	
Coefficiente de variação (%)		5,7071	5,3574	3,1594	3,3100	4,6900	

*Significativo pelo teste F(P<0,05); ^{ns}Não significativo pelo teste F(p<0,05).

Apêndice 3 - Resumo das análises de variância de variância dos experimentos, realizados nos dois anos, para características avaliadas e relacionadas ao Capítulo I.

Causas da variação	GL	Quadrados médios					
		Peso grão/espiga	Numero plantas/m ²	Massa seca parte aérea V ₈	Massa seca parte aérea na colheita	Índice de colheita aparente	
Ano (A)	1	1298,08*	31,9933*	4845,1054*	33544,51*	0,0062*	
Rep (Ano)	6	312,0031 ^{ns}	0,2545*	1037,7682 ^{ns}	2849,14*	0,0011 ^{ns}	
Herbicidas(H)	3	113,633 ^{ns}	0,1301 ^{ns}	796,7018 ^{ns}	320,1373 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	
Época de aplicação de N (E)	2	1415,37*	0,1919 ^{ns}	1315,5494*	882,0497 ^{ns}	0,0007 ^{ns}	
Método de aplicação de N (M)	1	166,2912 ^{ns}	0,0048 ^{ns}	992,3554 ^{ns}	201,2214 ^{ns}	0,0018 ^{ns}	
A x H	3	61,2427 ^{ns}	0,0288 ^{ns}	316,5455 ^{ns}	328,1144 ^{ns}	0,0012 ^{ns}	
A x E	2	172,5638 ^{ns}	0,1147 ^{ns}	865,6015 ^{ns}	1050,24 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	
A x M	1	327,8859 ^{ns}	0,0175 ^{ns}	205,7630 ^{ns}	919,2313 ^{ns}	0,0029 ^{ns}	
H x E	6	212,2926 ^{ns}	0,1236 ^{ns}	1503,7630 ^{ns}	696,6504 ^{ns}	0,0030 ^{ns}	
H x M	3	251,5881 ^{ns}	0,0063 ^{ns}	671,4622 ^{ns}	887,1987 ^{ns}	0,0038 ^{ns}	
E x M	2	40,9116 ^{ns}	0,0402 ^{ns}	464,5546 ^{ns}	23,0316 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	
H x E x M	6	330,1031 ^{ns}	0,0254 ^{ns}	811,6119 ^{ns}	438,9839 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	
Resíduo		151	148	155	155	151	
Total		187	184	191	191	187	
Coefficiente de variação (%)		8,0203	3,9042	16,3256	15,1981	6,5093	

*Significativo pelo teste F(P<0,05); ^{ns}Não significativo pelo teste F(p<0,05).

Apêndice 4 - Resumo das análises de variância dos experimentos, realizada no ano de 2013, para características de fotossíntese total e quântica relacionadas ao Capítulo I.

Causas da variação	GL	Quadrados médios					
		Fotossíntese total			Fotossíntese Quântica		
		7 DAH	14 DAH	21 DAH	7 DAH	14 DAH	21 DAH
Rep	3	29701,75 ^{ns}	14926,91 ^{ns}	36840,86 ^{ns}	0,3655 ^{ns}	21,45 ^{ns}	0,0120*
Herbicidas(H)	3	417342,25 ^{ns}	229775,16*	259345,53*	0,0188 ^{ns}	62,69*	0,0194*
Época de aplicação de N (E)	2	-	226572,93*	1495960,18*	-	41,29*	0,0060*
Método de aplicação de N (M)	1	44253,12 ^{ns}	90897,04*	79522,59*	0,0011 ^{ns}	20,93*	0,0001*
H x E	6	-	800565,64*	969430,06*	-	125,08*	0,0137*
H x M	3	86375,12 ^{ns}	106591,79 ^{ns}	612334,53 ^{ns}	0,0075 ^{ns}	62,47*	0,0117*
E x M	2	-	21643,77 ^{ns}	101890,18*	-	41,81 ^{ns}	0,2541 ^{ns}
H x E x M	6	-	30538,61 ^{ns}	129473,56 ^{ns}	-	25,10 ^{ns}	0,3214 ^{ns}
Resíduo		12	69	69	12	69	69
Total		31	95	95	31	95	95
Coefficiente de variação (%)		6,3981	18,2457	21,6104	8,9401	7,3600	4,0318

*Significativo pelo teste F(P<0,05); ^{ns} Não significativo pelo teste F(p<0,05).

Apêndice 5 - Resumo das análises de variância de variância dos experimentos, realizadas nos dois anos, para características de fitotoxicidade visual, teor relativo de clorofila e massa seca da parte aérea em V₈, relacionadas ao Capítulo II.

Causas da variação	G.L.	Quadrados médios										Massa seca parte aérea V ₈
		Fitotoxicidade visual					Teor relativo de clorofila					
		7 DAH	14 DAH	21 DAH	7 DAH	14 DAH	21 DAH	7 DAH	14 DAH	21 DAH		
Ano (A)	1	0,9410 ^{ns}	12,9427*	8,0796*	80,8511*	0,4029 ^{ns}	4394,9797 ^{ns}	16699,0478*				
Rep	6	0,4314	0,2491 ^{ns}	0,1948 ^{ns}	8,4022 ^{ns}	14,4286 ^{ns}	3108,1960 ^{ns}	43,9898*				
Herbicidas(H)	3	5,1424*	3,4238*	1,4879*	120,0395*	110,2639*	4152,1485 ^{ns}	172,9713*				
Época de aplicação de N (E)	2	12,8451*	0,3215 ^{ns}	0,1274 ^{ns}	18,1421 ^{ns}	21,0223 ^{ns}	2805,3321 ^{ns}	32,9562*				
A x H	3	0,4964 ^{ns}	0,9021 ^{ns}	0,5280 ^{ns}	19,6158 ^{ns}	16,3799 ^{ns}	2943,1981 ^{ns}	3,2434 ^{ns}				
A x E	1	1,4818 ^{ns}	0,2333 ^{ns}	0,5079 ^{ns}	14,2456 ^{ns}	7,2808 ^{ns}	2984,3745 ^{ns}	5,4848 ^{ns}				
H x E	6	1,3317 ^{ns}	0,6015 ^{ns}	0,1772 ^{ns}	18,4771	14,0487 ^{ns}	3136,6103 ^{ns}	2,9081 ^{ns}				
Resíduo		53	65	65	53	65	65	65				
Total		78	94	94	78	94	94	94				
Coefficiente de variação (%)		6,6698	5,1084	6,3139	6,3740	5,9671	6,4004	9,7214				

*Significativo pelo teste F(P<0,05); ^{ns}Não significativo pelo teste F(p<0,05).

Apêndice 6 - Resumo das análises de variância dos experimentos, realizadas nos dois anos, para características de fotossíntese total e quântica, relacionadas ao Capítulo II.

Causas da variação	G.L.	Quadrados médios								
		Fotossíntese total			Fotossíntese quântica					
		7 DAH	14 DAH	21 DAH	7 DAH	14 DAH	21 DAH	7 DAH	14 DAH	21 DAH
Ano (A)	1	1559641,55*	8692038,12*	12312624,0*	0,0444*	0,1117*	0,0737*			
Rep	6	222746,17 ^{ns}	128961,43*	71599,16 ^{ns}	0,0001 ^{ns}	0,0022 ^{ns}	0,0003 ^{ns}			
Herbicidas(H)	3	608647,34*	304545,67*	486783,23*	0,0002 ^{ns}	0,0020 ^{ns}	0,0003 ^{ns}			
Época de aplicação de N (E)	2	81042,84 ^{ns}	35075,95 ^{ns}	35985,88 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0007 ^{ns}			
A x H	3	275811,56 ^{ns}	268614,80 ^{ns}	29465,42 ^{ns}	0,0031 ^{ns}	0,0000 ^{ns}	0,0014 ^{ns}			
A x E	1	403117,06 ^{ns}	74503,44 ^{ns}	22672,70 ^{ns}	0,0032 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,0011 ^{ns}			
H x E	6	42397,3154 ^{ns}	29827,55 ^{ns}	39657,92 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,0003 ^{ns}			
Resíduo		39	66	66	38	66	66			
Total		60	95	95	59	95	95			
Coefficiente de variação (%)		10,4161	6,4771	5,8856	5,3432	4,5683	3,1263			

*Significativo pelo teste F(P<0,05); ^{ns} Não significativo pelo teste F(p<0,05).

Apêndice 7 - Resumo das análises de variância dos experimentos, realizadas no segundo experimento em estufa, para características de fitotoxicidade visual, teor relativo de clorofila e massa seca da parte aérea em V₈, relacionadas ao Capítulo II.

Causas da variação	G.L.	Quadrados médios										Massa seca parte aérea V ₈
		Fitotoxicidade visual					Teor relativo de clorofila					
		7 DAH	14 DAH	21 DAH	7 DAH	14 DAH	21 DAH	7 DAH	14 DAH	21 DAH		
Rep	3	0,3072 ^{ns}	0,5694 ^{ns}	0,3993 ^{ns}	21,2230 ^{ns}	40,0722 ^{ns}	11,1714 ^{ns}	74,4678*				
Híbridos (I)	1	11,3906*	0,3750 ^{ns}	0,2604 ^{ns}	45,0576 ^{ns}	5,8016 ^{ns}	37,6261 ^{ns}	831,3151*				
Herbicidas(H)	3	33,6406*	8,4583*	3,7326*	188,6189*	123,6236*	215,7662*	299,6970*				
Época de aplicação de N (E)	2	8,2656*	0,6562*	0,1666 ^{ns}	0,2376 ^{ns}	23,6569 ^{ns}	3,6954 ^{ns}	15,2916 ^{ns}				
I x H	3	4,2239*	0,4583*	0,2046 ^{ns}	26,0922 ^{ns}	5,7747 ^{ns}	2,1342 ^{ns}	23,8359 ^{ns}				
I x E	6	0,3906 ^{ns}	0,0937*	0,5416*	85,8326 ^{ns}	13,8951 ^{ns}	5,3516 ^{ns}	25,8229 ^{ns}				
H x E	3	0,5989 ^{ns}	0,4491*	0,3888*	13,3014 ^{ns}	17,6401 ^{ns}	26,7111 ^{ns}	5,3298 ^{ns}				
I x H x E	6	0,0572 ^{ns}	0,3854*	0,2361	40,2680 ^{ns}	41,2635 ^{ns}	23,2137 ^{ns}	14,1875 ^{ns}				
Resíduo		45	69	69	45	69	69	69				
Total		63	95	95	63	95	95	95				
Coefficiente de variação (%)		16,6995	10,4125	10,4258	7,9232	8,6847	6,6703	9,0370				

*Significativo pelo teste F(P<0,05); ^{ns}Não significativo pelo teste F(p<0,05).

Apêndice 8 - Resumo das análises de variância dos experimentos, realizadas no segundo experimento em estufa, para características de fotossíntese total e quântica, relacionadas ao Capítulo II.

Causas da variação	G.L.	Quadrados médios					
		Fotossíntese total			Fotossíntese quântica		
		7 DAH	14 DAH	21 DAH	7 DAH	14 DAH	21 DAH
Rep	3	16215014,33 ^{ns}	115097,04 ^{ns}	170242,55*	0,0009 ^{ns}	0,0042 ^{ns}	0,0013*
Híbridos (I)	1	27678698,60 ^{ns}	1778337,04*	1551942,04 ^{ns}	0,0306*	0,0201*	0,0075*
Herbicidas(H)	3	11837717,72 ^{ns}	89374,04 ^{ns}	118803,52 ^{ns}	0,0058*	0,0007 ^{ns}	0,0016*
Época de aplicação de N (E)	2	23203605,35 ^{ns}	53072,88 ^{ns}	30484,19 ^{ns}	0,0006 ^{ns}	0,0010 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
I x H	3	20125657,58 ^{ns}	20051,15 ^{ns}	43877,40	0,0017 ^{ns}	0,0022 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
I x E	6	17732172,68 ^{ns}	42260,01 ^{ns}	23195,51 ^{ns}	0,0020 ^{ns}	0,0003 ^{ns}	0,0002 ^{ns}
H x E	3	16898812,07 ^{ns}	21073,42 ^{ns}	63465,30 ^{ns}	0,0004 ^{ns}	0,0022 ^{ns}	0,0003 ^{ns}
I x H x E	6	20884212,10 ^{ns}	72536,57 ^{ns}	43531,53 ^{ns}	0,0008 ^{ns}	0,0002 ^{ns}	0,0001 ^{ns}
Resíduo		43	69	69	43	69	69
Total		61	95	95	61	95	95
Coefficiente de variação (%)		9,4331	9,3689	8,1681	4,6064	5,7413	2,9154

*Significativo pelo teste F(P<0,05); ^{ns}Não significativo pelo teste F(p<0,05).