



DOUGLAS GOULART CASTRO

**DESEMPENHO AGRONÔMICO,
QUALIDADE FISIOLÓGICA E ATIVIDADE
ENZIMÁTICA DE SEMENTES DE SOJA SOB
DIFERENTES DOSES DE GLIFOSATO.**

LAVRAS – MG

2016

DOUGLAS GOULART CASTRO

**DESEMPENHO AGRONÔMICO, QUALIDADE FISIOLÓGICA E
ATIVIDADE ENZIMÁTICA DE SEMENTES DE SOJA SOB
DIFERENTES DOSES DE GLIFOSATO.**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação e Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

Orientador

Dr. Pedro Milanez de Rezende

Coorientador

Dr. Adenilson Henrique Gonçalves

**LAVRAS - MG
2016**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Castro, Douglas Goulart.

Desempenho agrônômico, qualidade fisiológica e atividade
enzimática de sementes de soja sob diferentes doses de glifosato /
Douglas Goulart Castro. – Lavras : UFLA, 2016.
95 p. : il.

Dissertação (mestrado acadêmico)–Universidade Federal de
Lavras, 2016.

Orientador(a): Pedro Milanez de Rezende.
Bibliografia.

1. *Glycine max*. 2. Altas Doses. 3. Desempenho Produtivo. 4.
Qualidade Fisiológica. 5. Izoenzimas. I. Universidade Federal de
Lavras. II. Título.

DOUGLAS GOULART CASTRO

DESEMPENHO AGRONÔMICO, QUALIDADE FISIOLÓGICA E ATIVIDADE ENZIMÁTICA DE SEMENTES DE SOJA SOB DIFERENTES DOSES DE GLIFOSATO.

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação e Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 29 de fevereiro de 2016.

Dr. Renato Mendes Guimarães	UFLA
Dr. Silvino Guimaraes Moreira	UFSJ
Dr. Elifas Nunes de Alcântara	EPAMIG

Dr. Pedro Milanez de Rezende

Orientador

**LAVRAS - MG
2016**

Aos meus pais, Eduardo Gonçalves de Castro e Lusimar Goulart Duarte Castro, pelo apoio, pelo exemplo, pelo carinho, amor e pelos ensinamentos de vida.

A minha namorada, companheira e amiga, Andressa Giarola Alves, que esteve do meu lado em todos os momentos dessa longa caminhada.

DEDICO

Aos amigos e familiares, que de alguma forma me ajudaram nessa etapa de minha vida,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

A Deus, por estar sempre do meu lado me dando forças para seguir em frente.

A Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade concedida para realização do mestrado.

Aos meus pais, Eduardo Gonçalves de Castro e Lusimar Goulart Duarte Castro, pelo apoio e por sempre se fazerem sempre presentes em minha vida.

A minha namorada e companheira Andressa Giarola Alves, pela paciência, pelo apoio, por ajudar a conquistar meus objetivos.

Ao professor Pedro Milanez de Rezende, pela orientação e ensinamentos transmitidos.

Aos professores Adenilson Henrique Gonçalves e Adriano Teodoro Bruzi, pela amizade, paciência e dedicação às quais foram de grande relevância para a conclusão deste curso.

Aos professores Elifas Nunes de Alcântara, Silvino Guimarães Moreira e Renato Mendes Guimarães, pela atenção e disponibilidade em avaliar e participar da defesa do trabalho.

Aos funcionários do Setor de Grandes Culturas e do Setor de Sementes pela ajuda no desenvolvimento do trabalho.

Aos amigos Everton Vinicius Zambiazzi, Douglas Correia e Rafael Arruda, pela ajuda, apoio e companheirismo durante todo ciclo de convivência.

Aos membros da Pesquisa Soja da Universidade Federal de Lavras pelo apoio e inúmeras contribuições na realização do trabalho.

Enfim, a todos que contribuíram para que eu concluísse esta etapa de minha vida.

Meus sinceros agradecimentos, pois todos fazem parte dessa história.

MUITO OBRIGADO!!

RESUMO

A tecnologia da soja resistente ao glifosato surgiu para aperfeiçoar o planejamento das operações dentro da propriedade rural, facilitando o controle de plantas infestantes na pós-emergência da cultura através do uso do herbicida glifosato. Contudo, observações de campo, realizadas nos últimos anos, têm indicado que o uso demasiado do herbicida glifosato vem provocando injúrias no desempenho produtivo e fisiológico das plantas. Para isto, foram conduzidos dois experimentos, um avaliando a influência das doses de glifosato nos componentes de produção e caracteres agrônômicos em lavouras de soja RR e o outro o efeito que o herbicida promove a atividade enzimática e a qualidade das sementes. No primeiro trabalho, o experimento foi instalado em dois ambientes distintos: um no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras – MG e o outro na fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, EPAMIG, no município de Patos de Minas, MG, ambos na safra 2014/15. Utilizaram-se 18 tratamentos com três repetições, sendo os mesmos compostos por 3 cultivares e 6 doses de glifosato, em DBC, dispostos em esquema fatorial 3 x 6. Os dados foram submetidos à análise de variância conjunta. Conclui-se que as doses de glifosato não influenciaram nos caracteres agrônômicos e componentes de produção das cultivares de soja. O uso de altas doses de glifosato proporciona efeitos fitotóxicos nas plantas apenas durante os primeiros dias após a aplicação. As cultivares apresentaram respostas distintas frente às doses de glifosato, quanto às avaliações de porcentagem de fitotoxicidade. No segundo trabalho, o experimento foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes da UFLA, com amostras provenientes dos dois locais acima já citados. O experimento foi conduzido adotando delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 6, com três cultivares e seis doses de glifosato, adotando-se duas repetições. Foram realizados os testes de Germinação, Teor de Água, Emergência sob condições controladas, Envelhecimento Acelerado, Condutividade Elétrica, Teste de Tetrazólio e a Análise de Enzimas. Conclui-se que as doses de glifosato não alteraram a qualidade de sementes de soja. As cultivares apresentaram respostas distintas, quanto à qualidade fisiológica de sementes, para os tratamentos utilizados. A maior ou menor expressão de enzimas está associada à qualidade fisiológica das sementes de distintos genótipos de soja juntamente com os caracteres ambientais.

Palavras-chave: *Glycine max.*, Altas Doses, Desempenho Produtivo, Qualidade Fisiológica, Izoenzimas

ABSTRACT

The Roundup Ready technology has emerged to improve the planning of operations within the rural property, facilitating the control of weeds in post-emergence of the crop through the use of the herbicide glifosato. However, field observations, carried out in recent years have indicated that too much use of glifosato has caused injuries in the productive and physiological performance of plants. Therefore, two experiments were conducted, one evaluating the influence of glifosato doses on the components of production and agronomic traits in transgenic soybean crops and the other the effect that the herbicide promotes on seed quality and enzyme analyses. In the first work, the experiment was conducted in two locations, one at the Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras, Federal University of Lavras, in Lavras - MG and the other at the Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, EPAMIG, in the city of Patos de Minas, MG, during the 2014/15 crop. 18 treatments were used with three replications, composed of three cultivars and six glifosato doses, in an RBD in a 3 x 6 factorial. The plot consisted of two 5 m rows, with 0.5 m between rows. Data were submitted to joint variance analysis. It can be concluded that there is no effect of increased glifosato levels in soybean cultivars on production of components and agronomic traits. The use of high doses of glifosato in plants provides phytotoxic effects only during the first days after application. Cultivars showed different answers ahead of glifosato doses, for the percentage of phytotoxicity assessments. In the second study, the experiment was conducted at the Laboratório Central de Análises de Sementes of UFLA, with soybean samples from the two sites already mentioned. The experiment was conducted by adopting a completely randomized design in a factorial 3 x 6, with three cultivars and six doses of glifosato, adopting two replications. Germination Tests were performed, Water Content, Controlled Emergence, Accelerated Aging, Electrical Conductivity, Tetrazolium Test and Enzyme Analysis were conducted. It was concluded that there was a definite and specific response of increasing doses of glifosato in the final quality of transgenic soybean seeds. Cultivars showed different responses as to the physiological quality of seeds for the treatments. The greater or lesser expression of enzymes are associated with physiological quality of different genotypes of soybean seeds with environmental characters.

Keywords: *Glycine max*, High Dose, Productive Behavior, Physiological Quality, Isoenzymes

SUMÁRIO

CAPÍTULO 1	11
1. INTRODUÇÃO.....	11
2. REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1. A cultura da soja no Brasil.....	13
2.2. Uso de herbicidas na cultura da soja	14
2.3. A soja RR e o herbicida glifosato	16
2.4. Características e recomendações do glifosato.....	17
2.5. Efeitos do uso do glifosato na soja transgênica.....	19
2.6. Qualidade fisiológica de sementes de soja	21
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	25
CAPÍTULO 2: DESEMPENHO PRODUTIVO E CARACTERES AGRONÔMICOS DE CULTIVARES DE SOJA SOB DIFERENTES DOSES DE GLIFOSATO.....	34
RESUMO.....	35
ABSTRACT.....	36
1. INTRODUÇÃO.....	37
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	38
2.1. Locais de condução do experimento	38
2.2. Instalação e condução dos experimentos	40
2.3. Tratamentos avaliados	41
2.4. Caracteres avaliados	43
2.5. Análise estatística dos dados fenotípicos.....	45
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
3.1. Caracteres Agronômicos	47
3.2. Fitotoxicidade.....	54
4. CONCLUSÕES	57
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	58
CAPÍTULO 3 - QUALIDADE FISIOLÓGICA E ATIVIDADE ENZIMÁTICA DE SEMENTES DE SOJA SOB DIFERENTES DOSES DE GLIFOSATO	62
RESUMO.....	63
ABSTRACT.....	64
1. INTRODUÇÃO.....	65
2. MATERIAL E MÉTODOS.....	66
2.1. Locais de condução do experimento no campo	66
2.2. Instalação e condução dos experimentos	68
2.3. Tratamentos avaliados	69
2.4. Caracteres avaliados em laboratório	71
2.5. Análises estatísticas dos dados fenotípicos.....	74
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	75
3.1. Qualidade Fisiológica de Sementes	75
3.2. Atividade Enzimática de Sementes	83

4.	CONCLUSÕES.....	90
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	91

CAPÍTULO 1

1. INTRODUÇÃO

A cultura da soja (*Glycine max* (L.) Merrill.) é um dos pilares da produção agrícola brasileira. O país é considerado o segundo maior produtor mundial do grão, ficando atrás apenas dos Estados Unidos. Apresenta uma área plantada, de acordo com dados da safra 2014/2015, de 32,1 milhões de hectares, com uma produção total de 96,2 milhões de toneladas de grãos (CONAB, 2015). Essa área tende a aumentar nas próximas safras devido à disponibilidade de novas fronteiras agrícolas no Brasil e a sua cotação no mercado internacional.

O mercado de defensivos agrícolas tem sofrido impacto direto com as inovações em pesquisas e tecnologias que a cultura da soja vem adquirindo nos últimos anos com o aumento da síntese de novos ingredientes ativos de defensivos em decorrência da resistência adquirida por certas pragas, doenças e plantas invasoras a alguns produtos, provocando um consumo demasiado pelos agricultores e superando, conseqüentemente, as expectativas de lucro das empresas devido ao alto consumo registrado.

O consumo do herbicida glifosato é frequente em lavouras de escala intensiva, pela sua facilidade de uso e flexibilidade de aplicação, o que confere um grande diferencial quando comparado a outros herbicidas convencionais. Porém, se não for utilizado de forma correta e segura essas facilidades podem se tornar riscos, com conseqüências sobre o controle de plantas daninhas, com o surgimento de biótipos resistentes e sobre o rendimento de grãos.

Nos últimos anos, estudos vêm sendo intensificados em relação ao efeito que o herbicida glifosato promove nas plantas cultivadas, principalmente aquelas modificadas com a tecnologia da transgenia. Sabe-se

que a soja resistente ao glifosato foi apresentada como uma nova concepção de manejo de plantas daninhas, mas que ao longo do tempo vem demonstrando resultados no campo que colocam o herbicida mais consumido do mercado em controvérsia com o que todos já conhecem sobre a sua eficiência. Portanto, há necessidade de pesquisas sobre o uso frequente do glifosato no metabolismo e na estrutura física de uma planta resistente ao herbicida.

A qualidade fisiológica de sementes, bem como o desempenho agrônomo de cultivares no campo tem condicionado um fator importante na realização de estudos envolvendo a influência do herbicida glifosato na viabilidade e vigor de sementes de soja. O conhecimento da atividade enzimática em sementes de soja envolvidas no processo de deterioração também é uma ferramenta imprescindível havendo poucos relatos encontrados sobre a influência do herbicida em estudo com a qualidade do produto final. No entanto, são documentados problemas de fitotoxicidade, redução da produtividade e presença de resíduos de herbicidas e outros insumos nas plantas e sementes, acarretando muitas vezes, perdas no valor comercial e de qualidade do produto. Porém, são necessárias pesquisas adicionais buscando um consenso entre os resultados já obtidos.

Considera que foram desenvolvidas muitas pesquisas sobre o efeito do glifosato nas características agrônômicas da soja RR. Considera também que há necessidade de trabalhos que avaliem o efeito da tecnologia nas cultivares atuais de soja. A cada ano é lançado um número considerável de cultivares no Brasil, mas que não se tem conhecimento pleno sobre o comportamento destas sobre diversas condições de manejo, principalmente quanto ao uso de herbicidas.

Diante do exposto, objetivou-se com essa pesquisa avaliar a influência de diferentes doses do herbicida glifosato no desempenho agrônomo de cultivares de soja RR, na qualidade fisiológica e atividade enzimática durante o processo de deterioração de sementes.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1. A cultura da soja no Brasil

A soja (*Glycine max* (L) Merrill) é uma das mais importantes culturas na economia mundial. Seus grãos são muito usados pela agroindústria na produção de óleo vegetal e farelo para produção de rações para alimentação animal. Nos últimos anos também vem crescendo o uso como fonte alternativa de biocombustível (COSTA NETO & ROSSI, 2000).

A soja apresenta como centro de origem e domesticação o nordeste da Ásia (CHUNG & SINGH, 2008) e a sua disseminação do Oriente para o Ocidente ocorreu através de navegações. No Brasil, o primeiro relato sobre o surgimento da soja através de seu cultivo é de 1882, no estado da Bahia (BLACK, 2000). Em seguida, foi levada por imigrantes japoneses para São Paulo, e somente em 1914, a soja foi introduzida no estado do Rio Grande do Sul (RS). Foi no RS que as variedades trazidas dos Estados Unidos, melhor se adaptaram às condições edafoclimáticas, principalmente em relação ao fotoperíodo (BONETTI, 1981). Após este período, a soja passou a ser produzida em várias regiões do país, tendo como destaque a região do cerrado.

Atualmente a soja é uma das principais fontes de divisas para o Brasil no setor agrícola, sendo a cultura que ocupa a maior área. Na safra 2014/15 a área cultivada foi 32,1 milhões de hectares, com produção estimada de 96,2 milhões de toneladas e produtividade média de 3000 kg/ha (CONAB, 2015).

Os principais fatores que alavancam a soja no país estão ligados à adoção de novas tecnologias pelos agricultores, sejam elas, na alta qualidade da semente utilizada, manejo da fertilidade do solo, material genético, transgenia, manejo de pragas e doenças, mecanização, entre outros fatores. Algumas das tecnologias são veiculadas por meio das sementes,

caracterizando-se assim como um dos principais insumos. Por isso a qualidade das mesmas está cada vez mais requerida e valorizada.

Dentre os grandes produtores mundiais, o Brasil apresenta a maior capacidade de multiplicar a atual produção, tanto pelo aumento da produtividade, quanto pelo potencial de expansão da área cultivada. Perspectivas demonstram que até 2020, a produção brasileira deve ultrapassar a barreira dos 100 milhões de toneladas, podendo assumir a liderança mundial na produção do grão (VENCATO et al., 2010). Ao longo das últimas décadas a produção brasileira de soja apresentou um grande avanço impulsionado não somente pelo aumento de área semeada, mas também pela aplicação de técnicas de manejo avançadas que permitiram o incremento na produtividade.

A soja é uma “commodity” padronizada e uniforme, portanto pode ser produzida e negociada por produtores de diversos países, apresentando alta liquidez e demanda. Sobretudo nas últimas décadas, houve expressivas melhorias nas tecnologias de produção, que permitiram ampliar significativamente a área cultivada e a produtividade da oleaginosa (LAZZAROTTO & HIRAKURI, 2010).

2.2. Uso de herbicidas na cultura da soja

A cultura da soja é considerada por muitos a espécie oleaginosa mais importante cultivada no mundo. Ocupa posição de destaque também por ser uma importante fonte de divisas. Em âmbito mundial, o Brasil se destaca como segundo maior produtor e um dos maiores exportadores do grão. É uma planta sujeita a uma série de fatores que podem induzir a problemas em seu desenvolvimento e produção. Devido à sua importância, existe a necessidade constante de pesquisas para aumentar a eficiência na produção, visando o aumento na competitividade do país internacionalmente (CONSTANTIN et al., 2000).

Como a cultura é cultivada em médias e grandes propriedades no Brasil, os métodos de controle químico de plantas daninhas são indispensáveis e os mais viáveis economicamente. Porém, a complexidade do controle de plantas daninhas por meio de herbicidas tem aumentado substancialmente, principalmente devido à diversidade de espécies, ao surgimento de biótipos resistentes e aos novos ingredientes ativos introduzidos no mercado nos últimos anos. Plantas daninhas podem interferir sobre determinada cultura e a intensidade desta interferência normalmente é avaliada por meio dos decréscimos na produção. Tais decréscimos são consequência da competição pelos fatores de crescimento disponíveis, da liberação de substâncias alelopáticas e, de forma indireta, do fato de as plantas daninhas atuarem como hospedeiros intermediários de pragas e doenças, além de dificultarem a realização de tratos culturais e da colheita (PITELLI, 1985).

A utilização de herbicidas acima das doses recomendadas tem provocado efeitos fisiológicos e genéticos nas plantas. Isto explica o aumento do número de espécies que estão se tornando tolerantes ou resistentes a tal classe de produto (SILVA et al., 2007). Para alguns autores, como Kissmann (1996), todas as populações de plantas daninhas, independentemente da aplicação de qualquer produto, provavelmente já contém biótipos que são resistentes a herbicidas. Christoffoleti (1994) sugeriu em seus relatos que os herbicidas são os selecionadores, e não os agentes causadores de indivíduos resistentes que se encontram em baixa frequência inicial em sua população. Com isso, o desenvolvimento de cultivares resistente a herbicida, principalmente o glifosato, se tornou ferramenta importante no contexto tecnológico da cultura da soja, cujo objetivo é simplificar o manejo no controle de plantas daninhas e reduzir o impacto ambiental provocado pelo uso excessivo de agrotóxicos.

Pela importância da utilização de herbicidas para a realização de programas de rotação de produtos e de manejo de plantas daninhas na cultura da soja e em culturas sucessivas, é necessária a realização de

pesquisas, a fim de detectar uma possível susceptibilidade da soja, bem como efeitos residuais de herbicidas sobre a fisiologia das culturas semeadas em cultivos subsequentes (PEREIRA et al., 2000).

2.3. A soja RR e o herbicida glifosato

Com o surgimento da biotecnologia, houve aumento de produtividade e qualidade das culturas. A engenharia genética ou tecnologia do DNA recombinante, importante área da biologia molecular, fornece ferramentas para melhoristas, pois permite as operações de isolamento, modificação e transferência de fragmentos de DNA responsáveis para características agrônômicas vantajosas (DELANNAY, 1995). Dessas ferramentas, surgiram às plantas denominadas transgênicas ou geneticamente modificadas (GM) que carregam em seu genoma, a adição de DNA oriundo de uma fonte diferente do germoplasma paternal com destaque à soja resistente ao herbicida glifosato (SOBRAL, 2003).

A possibilidade do uso de glifosato aplicado na pós-emergência da cultura representou uma nova alternativa de controle em função da eficiência e viabilidade econômica, características essenciais no conceito de praticabilidade (GAZZIERO; PRETE, 2004), desde que seja utilizada como parte de um manejo integrado, alternando-a com outras práticas já existentes (REDDY, 2001; BERTRAM; PEDERSEN, 2004).

O caso da soja tolerante ao herbicida glifosato é um exemplo da tecnologia de DNA recombinante. Foi à primeira planta geneticamente modificada a ser aprovada para alimentação humana e animal. Essa tecnologia consiste em inserir um gene na planta de soja que codifica a proteína CP4, extraído de uma espécie do gênero *Agrobacterium*, microorganismo comumente encontrado no solo, sendo introduzido na soja pelo método de biobalística. Essa proteína é funcionalmente semelhante à EPSP, exceto em sua tolerância ao herbicida glifosato. A ação da proteína CP4 somada à ação da enzima EPSPs (5-enolpiruvil-chiquimato-3-fosfato-

sintase) confere a tolerância à soja em relação ao princípio ativo do glifosato. Desse modo, a inibição da síntese de EPSPs em plantas que não possuem o gene que sintetiza a proteína CP4 é particularmente estratégica (KRUSE et al., 2000).

A soja geneticamente modificada com o acréscimo de um gene que codifica a enzima EPSPs torna-se tolerante a ação do glifosato. Isso significa que a soja transgênica continua produzindo compostos essenciais ao seu desenvolvimento, seu crescimento não sendo afetado pelos efeitos do herbicida (PADGETT, 1995).

Em virtude da cultura da soja apresentar intensa atividade de pesquisa dirigida à obtenção de informações que possibilitem aumentos na produtividade e redução nos custos de produção (EMBRAPA, 2006), exige-se a constante reformulação, adaptação e introdução de tecnologias, sobretudo em relação ao manejo da soja transgênica (RR), no que concerne ao uso do glifosato em pós-emergência e suas implicações no desempenho agrônomico e na qualidade das sementes.

2.4. Características e recomendações do glifosato

O glifosato é um potente herbicida de pós-emergência, largo espectro, não seletivo, capaz de controlar efetivamente a maioria das plantas invasoras (FRANZ, 1985; QUINN, 1993; GRUYS; SIKORSKI, 1999).

Normalmente, o glifosato é rapidamente translocado pelas plantas. A principal via de translocação é simplástica, entretanto, significativo movimento apoplástico também ocorre. Vários trabalhos indicam que o glifosato segue a mesma rota dos produtos da fotossíntese (açúcares), indo das folhas fotossinteticamente ativas em direção às partes das plantas que utilizam estes açúcares, estabelecendo-se uma relação de fonte e dreno (CASELEY; COUPLAND, 1985).

PRATA et al. (2000) mencionam que no solo o glifosato é caracterizado pela sua alta capacidade de sorção e que vários são os

mecanismos que explicam este fenômeno, tais como a troca de ligantes com óxidos de Fe e Al e as ligações de hidrogênio com as substâncias húmicas. A taxa de metabolismo do glifosato no solo, em geral, é inicialmente rápida, mas posteriormente, é seguida por um lento e prolongado período de degradação (MOSHIER; PENNER, 1978; NOMURA; HILTON, 1977). Nomura e Hilton (1977) também sugerem que a fase inicial rápida representa a degradação do glifosato livre ou facilmente disponível no solo e que a fase lenta pode ser em função da demorada liberação do glifosato “aprisionado”.

O mecanismo de ação do glifosato é bastante singular porque ele é o único herbicida capaz de inibir especificamente a enzima 5 – enolpiruvil – chiquimato – 3 – fosfato - síntase (EPSPs). Essa enzima catalisa a condensação do ácido chiquímico e do fosfato piruvato evitando assim, a síntese de três aminoácidos essenciais – triptofano, fenilalanina e tirosina (JAWORSKI, 1972; ZABLOTOWICZ; REDDY, 2004).

Na soja resistente ao glifosato, o herbicida em questão pode ser aplicado visando controle de plantas daninhas de folhas largas e estreitas. Dependendo do nível de infestação na área, os agricultores podem optar em fazer uma aplicação única de 20 a 30 dias após a emergência da soja, ou aplicação sequencial, iniciando a primeira cerca de 15 dias após a emergência da soja e a segunda de 10 a 15 dias após a primeira aplicação. O ideal é que se faça um criterioso monitoramento da lavoura, fazer levantamento do nível de infestação e das espécies de plantas daninhas presentes e posteriormente optar pela aplicação única ou sequencial (GAZZIERO, 2004).

Atualmente são disponibilizadas no mercado diversas formulações de glifosato que apesar de apresentarem o mesmo mecanismo de ação, possuem na composição, diferentes sais, sendo os principais: sal potássico, de isopropilamina e de amônio (RODRIGUES; ALMEIDA, 2005). As particularidades de cada formulação incluem maior intoxicação a organismos não alvo, principalmente para a microbiota do solo (SANTOS et al., 2005), maior velocidade de translocação e de ação (MOLIN; HIRASE,

2005), melhor controle de algumas espécies de plantas daninhas (WELANG et al., 2003; MOLIN; HIRASE, 2005; LI et al., 2005) e desbalanço no estado nutricional das plantas (DUKE et al., 1983).

2.5. Efeitos do uso do glifosato na soja transgênica

O glifosato pode apresentar alguns efeitos indesejáveis mesmo em plantas de soja RR, para as quais é seletivo, destacando que qualquer estresse acarretará efeito negativo sobre o crescimento e desenvolvimento normal das espécies vegetais (TAIZ; ZEIGER, 2009). Neste sentido, Reddy e Zablotowicz (2003) citam que aplicações de glifosato têm provocado danos consideráveis na soja RR, sob certas condições e formulações.

Resultados de pesquisas recentes relatam que o glifosato pode influenciar o balanço nutricional, gerar efeitos fitotóxicos, afetar a eficiência no uso da água, a fotossíntese, o acúmulo de biomassa, a qualidade das sementes e grãos produzidos, e assim a produtividade da cultura (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2007; ZOBIOLE et al. 2010a, 2010b, 2010c; ALBRECHT; ÁVILA, 2010, ALBRECHT et al., 2011a, 2011b, 2012a, 2012b, ALBRECHT et al. 2013a, 2013b; ALONSO et al., 2013). Esses resultados denotam a possibilidade de comprometimento do desempenho agrônômico da soja RR, sob aplicação de glifosato em pós-emergência.

Outros estudos também vêm demonstrando que com o uso de glifosato podem ocorrer problemas no metabolismo secundário (LYDON; DUKE, 1989; ZOBIOLE et al., 2010c), no metabolismo do AIA (ácido indol-3-acético) (LEE, 1982), na produção de fitoalexinas (KEEN; HOLLIDAY; YOSHIKAWA, 1982), na rizosfera (KREMER; MEANS; KIM, 2005), na fixação biológica do nitrogênio (MARÍA et al., 2006; ZABLOTOWICZ; REDDY, 2004; SANTOS et al., 2004; DVORANEN et al., 2008; ZOBIOLE et al. 2010a), no conteúdo de clorofilas (ZOBIOLE et al., 2010c; REDDY; RIMANDO; DUKE, 2004), na formação e acúmulo de biomassa (ZOBIOLE et al., 2010b, 2010d), no conteúdo de aminoácidos e

lignina (ZOBIOLE et al., 2010c) e na produção de metabólitos com potencial de injúria (REDDY; RIMANDO; DUKE, 2004).

Mesmo sendo inegável a aceitação e êxito da tecnologia RR, há relatos na literatura de que alguns cultivares de soja, mesmo tolerantes, podem ainda apresentar sintomas de fitointoxicação após a aplicação de glifosato. Estas respostas fisiológicas podem variar de acordo com as características do solo, condições ambientais e outros fatores (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2004).

Com relação à fixação biológica de N, Santos et al. (2007a) demonstram que o “Roundup Transorb” diminuiu consideravelmente o número de nódulos radiculares produzidos na simbiose entre soja RR e o rizóbio. Reddy e Zablotowicz (2003) observaram que o sal de isopropilamina, presente nas formulações “Roundup Transorb e Roundup Ready” se acumulou nos nódulos radiculares da soja RR em concentrações acima das observadas para outros saís. Resultados de Santos et al. (2007b), Oliveira Jr. et al. (2008) e Dvoranen et al. (2008), reforçam a hipótese de que o glifosato prejudica a simbiose entre rizóbio e soja.

Trabalhos relacionam diretamente a qualidade das sementes com níveis de micronutrientes, como Mann et al. (2002) que estabeleceram ligação entre aumentos na germinação e vigor das sementes de soja com a aplicação de Mn na cultura. Assim, diminuindo de alguma forma a disponibilidade de Mn ou de outro nutriente para a soja, pelo uso de glifosato se chegaria a uma possível situação de decréscimo na qualidade das sementes.

Albrecht e Ávila (2010) observaram tendência linear decrescente na qualidade das sementes com o incremento na dose de glifosato, justificada pelo efeito deletério das altas doses desse herbicida. De acordo com Albrecht et al. (2011b) aplicações de glifosato podem trazer efeitos danosos à composição química das sementes, alterando potencialmente os teores de proteínas, principalmente quando essas aplicações ocorrem no período reprodutivo.

Pesquisadores americanos observaram a possibilidade da ocorrência de efeitos deletérios do glifosato sobre culturas RR, incluindo a soja, em situações onde a aplicação ocorre fora do período ideal de aplicação, como no início do estágio reprodutivo (UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA, 2012). No Brasil, Albrecht. et al. (2012), relataram que aplicações de altas doses de glifosato no período reprodutivo da soja RR, podem trazer danos consideráveis a qualidade das sementes, colaborando com os resultados discutidos por Albrecht et al. (2011b).

Outros autores relataram observações de injúrias leves causadas à cultura pelo uso do glifosato, porém estas não se refletiram em danos severos e permanentes à lavoura, como queda de produção (LICH; RENNER; PENNER, 1997; CORRIGAN; HARVEY, 2000; GREY; RAYMER, 2002; ELLIS; GRIFFIN, 2003).

Mesmo considerando a enorme contribuição desses trabalhos mencionados na elucidação de questões pertinentes a área, ainda persistem dúvidas a serem investigadas no âmbito do desempenho agrônômico, para a partir das respostas alcançadas encontrar explicações sobre o real impacto da aplicação de diferentes doses, manejos e formulações de glifosato em distintas condições de campo, sobre a soja RR.

2.6. Qualidade fisiológica de sementes de soja

A demanda por sementes de soja de alta qualidade de cultivares com alta produtividade tem se tornado cada vez maior em decorrência da importância comercial que a “commodity” apresenta para o Brasil. A partir disso o uso de ferramentas como o melhoramento genético, bem como de novas práticas culturais de manejo vem sendo observado com frequência nas lavouras.

A semente de soja, para ser considerada de alta qualidade, deve ter características fisiológicas e sanitárias adequadas, bem como garantias de purezas física genética. Esses fatores respondem pelo desempenho da

semente no campo, culminando com o estabelecimento da população de plantas requerida pela cultivar, aspecto fundamental que contribui para que sejam alcançadas altas produtividades (FRANÇA-NETO et al., 2010).

A constituição genética da semente pode influenciar as características de qualidade fisiológica, logo, diferentes cultivares de uma mesma espécie podem ter características endógenas ao maior ou menor vigor, além de longevidade (PETRE; GUERRA, 1999). Caracteres da planta, do legume e da própria semente, bem como seus efeitos interativos, podem estar correlacionados, direta ou indiretamente, com a deterioração das sementes, determinando a resposta diferencial de cada cultivar e seus níveis de tolerância à deterioração das sementes, às condições adversas no campo e até mesmo à colheita mecanizada.

A perda de qualidade no campo é frequente, principalmente durante a fase de maturação, o que tem motivado vários pesquisadores a enfatizar a possibilidade do uso da semente com determinado grau de impermeabilidade a água (GILIOLI; FRANÇA NETO, 1982; PESKE; PEREIRA, 1983; HARTWIG; POTTS, 1987). A desidratação e hidratação cíclicas da semente, no campo, são apontadas como uma das principais causas da redução da qualidade fisiológica (VIEIRA et al., 1983; TEKRONY et al., 1984).

A qualidade da semente de soja é um fator limitante à produção da cultura no campo. Por isso a expansão da cultura nas regiões Central, Norte e Nordeste do Brasil vêm sendo condicionada à implantação de programas de produção de sementes de elevada qualidade (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI, 2003).

Campos cultivados com sementes de soja de alto vigor tendem a apresentar melhores índices produtivos (KOLCHINSKI; SCHUCH; PESKE, 2005). Condições ambientais adversas por ocasião da semeadura, aliadas à semente de baixa qualidade pode resultar em menores porcentagens de germinação e velocidade de emergência das plântulas. Por outro lado, germinação mais rápida e uniforme é observada em sementes de alto vigor,

além da capacidade de melhor suportar as adversidades do local (LOPES et al., 2002).

Kolchinski, Schuch e Peske (2006) constataram que plantas provenientes de sementes de alto vigor apresentaram maior área foliar e maior taxa de crescimento a partir dos 21 dias após emergência. Sementes de alto vigor também apresentam maior velocidade nos processos metabólicos, proporcionando emissão mais rápida e uniforme da raiz primária no processo de germinação e maior taxa de crescimento (SCHUCH; NEDEL; ASSIS, 1999; MINUZZI et al., 2010).

As atividades enzimáticas também vêm sendo pesquisadas, dentro da área de tecnologia de sementes com o objetivo de encontrar indicadores confiáveis conectados com a qualidade fisiológica das sementes e elucidar os processos que levam à deterioração das mesmas. Albuquerque et al., (2009) relata que as enzimas podem servir como indicadores da deterioração, possibilitando a avaliação dos eventos bioquímicos durante o processo de deterioração e germinação das sementes.

Dentre os diversos processos envolvidos no mecanismo de deterioração das sementes estão às alterações fisiológicas e bioquímicas e, entre estas, as alterações nas atividades de diversas enzimas e isoenzimas. Trabalhos de Market e Moller (1959) propõem que o termo isoenzima refere-se às variadas formas moleculares de uma enzima com compatibilidade para substratos idênticos ou similares que ocorrem em um organismo. A análise de isoenzimas, através de técnicas de eletroforese, é utilizada em estudos relacionados com a regulação gênica, bioquímica e ontogênica e também em relação às mudanças na qualidade fisiológica de sementes (ISTA, 1992).

As expressões enzimáticas têm sido aplicadas por pesquisadores para caracterização de lotes com diferentes níveis de deterioração, tolerância à dessecação, na avaliação da qualidade fisiológica de sementes armazenadas ou submetidas a diferentes testes e aos processos de germinação de diversas espécies vegetais.

Devido à possibilidade de danos oriundo do uso do glifosato sobre plantas de soja RR, supõe-se que interferências possam acontecer na qualidade fisiológica de sementes. No entanto, o resultado do impacto do uso de herbicida em altas doses carece de informações mais amplas, referentes ao efeito sobre qualidade das sementes colhidas, assim como as causas bioquímica e fisiológica e suas possíveis conseqüências.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBUQUERQUE, K.S.; GUIMARÃES, R.M.; ALMEIDA, I.F.; CLEMENTE, A.C.S. Alterações fisiológicas e bioquímicas durante a embebição de sementes de sucupira preta (*Bowdichia virgilioides* K.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v.31, n.1, p.249-258, 2009.
- ALBRECHT, L.P.; ÁVILA, M.R. Manejo de glifosato em soja RR e a qualidade das sementes. **Informativo Abrates**, Londrina, v. 20, n. 2, p. 45-54, 2010.
- ALBRECHT, L.P.; ALONSO, D.G.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR, R.S.; BRACCINI, A.L. ALBRECHT, A.J.P. Qualidade fisiológica das sementes de soja RR em resposta ao uso de diferentes tratamentos contendo glifosato em aplicação sequencial. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, p. 211-220, 2011a.
- ALBRECHT, L.P.; BARBOSA, A.P.; SILVA, A.F.M.; MENDES, M.A.; MARASCHI-SILVA, L.M.; ALBRECHT, A.J.P. Desempenho da soja roundup ready sob aplicação de glifosato em diferentes estádios. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 29, n. 3, p. 558-590, 2011b.
- ALBRECHT, A.J.P.; VICTORIA FILHO, R.; ALBRECHT, L.P.; MORAES, M.F.; KRENCHINSKI, F.H.; PLACIDO, H.F.; MIGLIAVACCA, R.A.; LORENZETTI, J.B. Comportamento da soja RR submetida a diferentes formulações e doses de glifosato no período reprodutivo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS, 28., 2012, Campo Grande. **Anais...** São Paulo: SBCPD, 2012. p. 318-323.
- ALBRECHT, L.P.; ALONSO, D.G.; ALBRECHT, A.J.P.; OLIVEIRA JR., R.S.; BRACCINI, A.L.; CONSTANTIN, J. Glifosato e associações em pós-emergência no desempenho agrônômico e na qualidade das sementes de soja RR. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 30, p. 139-146, 2012a.
- ALBRECHT, L.P.; BARBOSA, A.P.; SILVA, A.F.M.; MENDES, M.A.; ALBRECHT, A.J.P.; ÁVILA, M.R. RR Soybean seed quality after application of glifosato in different stages of development. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n.3, p. 373-381, 2012b.
- ALBRECHT, A.J.P.; BARROSO, A.A.M.; ALBRECHT, L.P.; VICTORIA FILHO, R.; KRENCHINSKI, F.H.; PLACIDO, H.F.; RODRIGUES, D.M.; REIS, F.C. Avaliação da aplicação de diferentes formulações, manejos e doses de glifosato na cultivar de soja BMX Turbo RR. In: CONGRESSO

LATINOAMERICANO DE MALEZAS, 21., 2013, Cancún. **Resúmenes...** ALAM, 2013a. p. 781-786.

ALBRECHT, A.J.P.; ALBRECHT, L.P.; VICTORIA FILHO, R.; KRENCHINSKI, F. H.; BARROSO, A.A.M.; PEREIRA, V.G.C.; WOBETO, K.S.; REIS, F.C. Efeito da aplicação de diferentes formulações, manejos e doses de glifosato na cultivar de soja V-Max RR. In: CONGRESO LATINOAMERICANO DE MALEZAS, 21., 2013, Cancún. **Resúmenes...** Cidade: ALAM, 2013b. p. 787-793.

ALONSO, D.G.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R.S.; SANTOS, G.; DAN, H.A.; OLIVEIRA NETO, A.M. Seletividade de glifosato isolado ou em misturas para soja RR em aplicações sequenciais. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 203-212, 2013.

BERTRAM, M. G., PEDERSEN, P. Adjusting management practices using glifosato-resistant soybean cultivars. **Agronomy Journal, Madison**, v. 96, p. 462- 468, 2004.

BONETTI, L. P. Distribuição da soja no mundo : origem, história e distribuição. In : MIYASAKA, S.; MEDINA, J.C. (Ed.). **A soja no Brasil**. Campinas : ITAL, p. 1-6, 1981.

BLACK, R. J. Complexo soja: fundamentos, situação atual e perspectiva. In: CÂMARA , G. M. S. (Ed.). **Soja: tecnologia de produção II**. Piracicaba: ESALQ, p.1- 18, 2000.

CASELEY, J. C.; COUPLAND, D. Environmental and plant factors affecting glifosato uptake movement and acidity. In: GROSSBARD, E.; ATKINSON, D. A. (Ed.). **The herbicide glyphosate**. London: Butterworths, 1985. p. 92-123.

CHRISTOFFOLETI, P. J.; VICTORIA FILHO, R.; SILVA, C. . Resistência de plantas daninhas aos herbicidas. **Planta Daninha**. V. 12, p. 13-20, 1994.

CHUNG, G.; SINGH, R.J. Broadening the Genetic Base of Soybean: A Multidisciplinary Approach. **Critical Reviews in Plant Sciences**, Boca Raton, v. 27, n.5, p. 295-341, 2008.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Acompanhamento de safra brasileira: grãos, décimo segundo levantamento/setembro 2015**, Brasília, 2015.

CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA Jr., R. S.; MACIEL, C. D. G. Avaliação de misturas em tanque de imazethapyr com outros herbicidas para o controle de

Bidens pilosa e *Euphorbia heterophylla* em soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 1, n. 1, p. 73-78, 2000.

CORRIGAN, K.A.; HARVEY, G. Glifosato with and without residual herbicides in no-till glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, Champaign, v. 14, p. 569-577, 2000.

COSTA NETO, P. R. & ROSSI, L. F. S. Produção de biocombustível alternativo ao óleo diesel através da transesterificação de óleo de soja usado em fritura. **Química Nova**, v.23, p. 4, 2000.

DELANNAY, X.; BAUMAN, T. T.; BEIGHLEY, D. H.; BUETTNER, M. J.; COBLE, H. D.; Yield evaluation of a glyphosate-tolerant soybean line after treatment with glifosato. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 1461-1467, 1995.

DVORANEN, E.C.; OLIVEIRA JR, R.S.; CONSTANTIN, J.; CAVALIERI, S.D.; BLAINSKI, E. Nodulação e crescimento de variedades de soja RR sob aplicação de glifosato, fluazifop-p-butyl e fomesafen. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, n.3, p. 619-625, 2008.

DUKE, S.O.; WAUCHOPE, R.D.; HOAGLAND, R.E.; WILLIS, G.D. Influence of glyphosate on uptake and translocation of calcium ion in soybean seedlings. **Weed Research**, v. 23, p. 133-139, 1983.

ELLIS, J.M.; GRIFFIN, J.L. Glifosato and broad leaf herbicide mixtures for soybean (*Glycine max*). **Weed Technology**, Champaign, v. 17, p. 21-27, 2003.

EMBRAPA. **Tecnologias de produção de soja** – Paraná – 2007. Londrina: Embrapa Soja, 2006. 208 p. (Sistemas de Produção).

FRANÇA NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C. Estratégias do melhoramento para produção de sementes de soja no Brasil. In: SIMPÓSIO SOBRE ATUALIZAÇÃO EM GENÉTICA E MELHORAMENTO DE PLANTAS, 7., 2003, Lavras. **Anais...** Lavras: UFLA, 2003. 1 CD ROM.

FRANÇA NETO, J. B. et al. Tecnologia da produção de semente de soja de alta qualidade. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 20, n. 3, p. 26-32, 2010.

FRANZ, J. E. Discovery, development and chemistry of glyphosate. In: GROSSBARD, E.; ATKINSON, D. **The herbicide glifosato**. London: Butterworths, 1985. p. 3-17.

GAZZIERO, D. L. P.; PRETE, C. E. C. Resistência é a Questão. **Revista Cultivar**, Porto Alegre, n. 4, p. 22- 24, 2004.

GILIOI, J.L.; FRANÇA NETO, J.B. Efeito da escarificação mecânica e do retardamento de colheita sobre a emergência de sementes de soja com tegumento impermeável. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE PESQUISA DE SOJA, 2., 1981, Brasília. **Anais...** Londrina: EMBRAPA-CNPSO, 1982. v.1, p.601-609.

GREY, T.L.; RAYMER, P. Sicklepod (*Senna obtusifolia*) and red morningglory (*Ipomea coccinea*) control in glyphosate-resistant soybean with narrow rows and postemergence herbicide mixtures. **Weed Technology**, Champaign, v. 16, p. 669-674, 2002.

GRUYS, K. J.; SIKORSKI, J. A. Inhibitors of tryptophan, phenylalanine and tyrosine biosynthesis as herbicides. In: SINGH, B. K. **Plant amino acids: biochemistry and biotechnology**. New York: Marcel Dekker, 1999. p. 357-384.

HARTWIG, E.E.; POTTS, H.C. Development and evaluation of impermeable seed coats for preserving soybean seed quality. **Crop Science**, Madison, v.27, n.3, p.506-508, June 1987.

ISTA – INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION.
Electrophoresis handbook: variety identification. In: ISTA. **Handbook of variety testing**, Zurich, 1992. 50p.

JAWORSKI, E.G. Mode of action of N-phosphonomethylglycine: inhibition of aromatic amino acid biosynthesis. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 20, p. 1195-1198, 1972.

KEEN, N. T.; HOLLIDAY, M. J.; YOSHIKAWA, M. Effects of glyphosate on glyceollin production and the expression of resistance to *Phytophthora megasperma* f. sp. *glycinea* in soybean. **Phytopathology**, Saint Paul, v.72, n. 11, p. 1467-1470, 1982.

KREMER, R.J.; MEANS, N.E.; KIM, S. Glyphosate affects soybean an root exudation and rhizosphere micro-organisms. **International Journal of Environmental and Analytical Chemistry**, Abingdon, v. 85, n. 15, p. 1165-1174, 2005.

KISSMANN, K. G. **Resistencia de plantas daninhas a herbicidas**. 6ª edição. São Paulo, SP: Basf Brasileira S. A., 1996, 33p.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Seeds vigor and intraspecific competition in soybean. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 6, p. 1248- 256, 2005.

KOLCHINSKI, E. M.; SCHUCH, L. O. B.; PESKE, S. T. Crescimento inicial de soja em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v. 12, n. 2, p. 163-166, 2006.

KRUZE, N.D.; TREZZI, M.M.; VIDAL, R.A. Herbicidas inibidores da EPSPs: **Revisão de literatura. Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 1, n. 2, p. 139-146, 2000.

LAZZAROTTO, J. J.; HIRAKURI, M. H. **Evolução e perspectivas de desempenho econômico associadas com a produção de soja nos contextos mundial brasileiro**. Embrapa Soja, Documentos 319, Londrina, 2010.

LEE, T.T. Mode of action of glyphosate in relation to metabolismo f indol-3-acetico acid. **Physiologia Plantarum**, Lund, v. 54, p. 289, 1982.

LI, J.; SMEDA, R.J., SELLERS, B.A.; JOHNSON, W.G. Influence of formulation and glyphosate salt on absorption and translocation in three annual weeds. **Weed Science**, v. 53, p. 153-159, 2005.

LICH, J.M.; RENNER, K.A.; PENNER, D. Interaction of glyphosate with post emergence soybean (*Glycine max*) herbicides. **Weed Science**, Champaign, v. 45, p. 12-21, 1997.

LOPES, J. C. et al. Avaliação da qualidade fisiológica de sementes de soja produzidas em Alegre-ES. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 24, n. 1, p. 51-58, 2002.

LYDON, J.; DUKE, S.O. Pesticide effects on secondary metabolism of higher plants. **Pesticide Science**, London, v. 25, n. 4, p. 361-373, 1989.

MANN, E.N.; RESENDE, P.M.; MANN, R.S.; CARVALHO, J.G.; PINHO, E.V.R.V. Efeito da aplicação de manganês no rendimento e na qualidade de sementes de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v. 37, n. 12, p. 1757-1764, 2002.

MARÍA, N.; BECERRIL, J.M.; GARCIA-PLAZAOLA, J.I.; HERNÁNDEZ, A.; FELIPE, M.R.; FERNÁNDEZ-PASCUAL, M. New insights on glyphosate mode of action in nodular metabolism: role of shikimate accumulation. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, n. 54, p. 2621-2628, 2006.

- MARKET, C.L.; MOLLER, F. Multiple forms of isoenzymes: tissue, antogenetic and species specific patterns. **Proceedings of the National Academy Sciences**, USA, Washington, v. 45, p. 453-463, 1959.
- MINUZZI, A. et al. Qualidade de sementes de quatro cultivares de soja, colhidas em dois locais no estado de Mato Grosso do Sul. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 1, p. 176-185, 2010.
- MOLIN, W. T.; HIRASE, K. Effects of surfactants and simulated rainfall on the efficacy of the Engane formulation of glyphosate in johnsongrass, prickly sida and yellow nutsedge. **Weed Biology and Manager**, v. 5, p. 123-127, 2005.
- MOSHIER, L. J.; PENNER, D. Factors influencing microbial degradation of ¹⁴C-glyphosate to ¹⁴CO₂ in soil. **Weed Science**, Champaign, v. 26, p. 686-691, 1978.
- NOMURA, H. S.; HILTON, H. W. The adsorption and degradation of glyphosate in five Hawaii sugarcane soils. **Weed Research**, Oxford, v. 17, p. 113-121, 1977.
- OLIVEIRA JR, R.S.; DVORANEN, E.C.; CONSTANTIN, J.; CAVALIERI, S.D.; FRANCHINI, L.H.M.; RIOS, F.A; BLAINSKI, E. Influência do glifosato sobre a nodulação e o crescimento de cultivares de soja resistente ao glifosato. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 26, p. 831-843, 2008.
- PADGETT, S. R.; KOLACZ, K. H.; DELANNAY, X.; RE, D. B.; La VALLEE, D. J.; TINIUS, C. N.; RHODES, W. K.; OTERO, I.; BARRY, G. F. Development, Identification, and Characterization of a Glyphosate-Tolerant Soybean Line. **Crop Science**, Madison, v. 35, p. 1451-1461, 1995.
- PEREIRA, F.A.R.; ALVARENGA, S.L.A.; OTUBO, S.; MORCELI, A.; BAZONI, B. Seletividade de sulfentrazone em cultivares de soja e efeitos residuais sobre culturas sucessivas em solos de cerrado. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v.1, p.219-224, 2000.
- PESKE, S.T.; PEREIRA, L.A.G. Tegumento da semente de soja. **Tecnologia de Sementes**, Pelotas, v. 6, n. 2, p. 23-34, jun. 1983.
- PITELLI, R.A. Interferência de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe Agropecuário**, v.11, p.16-27, 1985.
- PRATA, F.; LAVORENTI, A.; REGITANO, J. B.; TORNISIELO, V. L. Influência da matéria orgânica na sorção e dessorção do glifosato com diferentes atributos mineralógicos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 947-951, 2000.

PRETE, C.E.C.; GUERRA, E.P. Qualidade fisiológica das sementes. In: DESTRO, D.; MONTALVÁN, R. (Org.). **Melhoramento genético de plantas**. Londrina: UEL, 1999. p.661-676.

QUINN, J. P. Interactions of the herbicides glyphosate and glufosinate (phosphinothricin) with the soil microflora. In: ALTMAN, J. (Ed.) **Pesticides interactions in crop production - beneficial and deleterious effects**. Boca Raton: CTC Press, 1993. p. 245-265.

REDDY, K. N. Glyphosate-resistant soybean as a weed management tool: opportunities and challenges. **Weed Biology and Management**, Japan, v. 1, n. 4, p. 193-203, 2001.

REDDY, K.N.; RIMANDO, A.M.; DUKE, S.O. Aminomethylphosphonic acid, a metabolite of glyphosate, causes injury in glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.52, p.5139-5143, 2004.

REDDY, K.N.; ZABLOTOWICZ, R.M. Glyphosate-resistant soybean response to various salts of glyphosate and glyphosate accumulation in soybean nodules. **Weed Science**, Champaign, v. 51, p. 496-502, 2003.

RODRIGUES, B. N.; ALMEIDA, F. S. **Guia de herbicidas**. 5.ed. Londrina: Grafmarke, 2005. 591 p.

SANTOS, J.B.; JACQUES, R.J.S.; PROCÓPIO, S.O.; KASUYA, M.C.M.; SILVA, A.A.; SANTOS, E.A. Efeitos de diferentes formulações comerciais de glifosato sobre estirpes de Bradyrhizobium. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 22, n. 2, p. 293-299, 2004.

SANTOS, J. B.; FERREIRA, E.A.; KASUYA, M.C.N.; SILVA, A.A.A.; PROCÓPIO, S.O. Tolerance of Bradyrhizobium strains to glyphosate formulations. **Crop Protection**, v. 24, p. 543-547, 2005.

SANTOS, J.B.; FERREIRA, E.A.; REIS, M.R.; SILVA, A.A.; FIALHO, C.M.T.; FREITAS, M.A.M. Avaliação de formulações de glifosato sobre soja Roundup Ready. **Planta daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 165-171, 2007a.

SANTOS, J.B.; FERREIRA, E.A.; OLIVEIRA, J.A.; SILVA, A.A.; FIALHO, C.M.T. Efeito de formulações na absorção e translocação do glifosato em soja transgênica. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 2, p. 381-388, 2007b.

SCHUCH, L. O. B.; NEDEL, J. L.; ASSIS, F. N. Crescimento em laboratório de plântulas de aveia-preta (*Avena strigosa* Schreb.) em função do vigor das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 21, n. 1, p. 229-234, 1999.

SILVA, A. A. et al. Métodos de controle de plantas daninhas. In: SILVA, A. A.; SILVA, J. F. (Eds.). **Tópicos em manejo de plantas daninhas**. Viçosa, MG: Universidade Federal de Viçosa, 2007. 367 p.

SOBRAL, J. K. **A comunidade bacteriana endofítica e epifítica de soja (*Glycine Max*) e estudo da interação endófitos-planta**. 2003. 174 p. Tese (Doutorado) Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiróz, Piracicaba, 2003.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4ed. Porto Alegre: Artmed, 2009. 848p.

TEKRONY, D.M.; EGLI, D.B.; BALLE, J.; TOMES, L.; STUCKEY, R.E. Effect of date of harvest maturity on soybean seed quality and Phomopsis sp. Seed infection. **Crop Science**, Madison, v.24, n.1, p.189-193, Apr. 1984.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE – USDA.
Research project: determination of the effect of glyphosate on mineral content of glyphosate-resistant crops. 2012. Disponível em:
<http://www.ars.usda.gov/research/projects/projects.htm?ACCN_NO=422641>. Acesso em: 22 out. 2015.

VENCATO, A. Z., et al. **Anuário Brasileiro da Soja 2010**. Santa Cruz do Sul: Ed. Gazeta Santa Cruz, 2010, 144 p.

VIEIRA, R.D.; SEDIYAMA, T.; SILVA, R.F. da; SEDIYAMA, C.S.; THIÉBAUT, J.T.L. Qualidade fisiológica de sementes de quatorze cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill]. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v.30, n.172, p.408- 418, 1983.

WERLANG, R.C., SILVA, A.A., FERREIRA, L.R.; MIRANDA, G.V. Efeitos da chuva na eficiência de formulações e doses de glifosato no controle de *Brachiaria decumbens*. **Planta daninha**, v. 21, n. 1, p. 121-130, 2003.

ZABLOTOWICZ, R. M.; REDDY, K. N. Impact of glyphosate and *Bradyrhizobium japonicum* symbiosis; with glyphosate-resistant transgenic soybean: a minireview. **Journal of Environmental Quality**, v. 33, p. 825-831, 2004.

ZABLOTOWICZ, R.M.; REDDY, K.N. Nitrogenase activity, nitrogen content, and yield responses to glyphosate in glyphosate-resistant soybean. **Crop Protection**, Guildford, v. 26, p. 370-376, 2007.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR, R.S.; KREMER, R.J.; CONSTANTIN, J.; YAMADA, T.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; OLIVEIRA JR, A. Effect of glyphosate on symbiotic N₂ fixation and nickel concentration in glyphosate-resistant soybeans. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 44, p. 176-180, 2010a.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR, R.S.; KREMER, R.J.; CONSTANTIN, J.; BONATO, C.M.; MUNIZ, A.S. Water use efficiency and photosynthesis of glyphosate-resistant soybean as affected by glyphosate. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 97, n. 3, p. 182-193, 2010b.

ZOBIOLE, L.H.S.; BONINI, E.A.; OLIVEIRA JR, R.S.; KREMER, R.J.; FERRARESE-FILHO, O. Glyphosate affects lignin content and amino acid production in glyphosate-resistant soybean. **Acta Physiologiae Plantarum**, Heidelberg, v. 32, n. 5, p. 831-837, 2010c.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR, R.S.; KREMER, R.J.; MUNIZ, A.S.; OLIVEIRA JR, A. Nutrient accumulation and photosynthesis in glyphosate-resistant soybeans is reduced under glyphosate use. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 33, n. 12, p. 1860-1873, 2010d.

**CAPÍTULO 2: DESEMPENHO PRODUTIVO E CARACTERES
AGRONÔMICOS DE CULTIVARES DE SOJA SOB DIFERENTES
DOSES DE GLIFOSATO**

RESUMO

O desenvolvimento das cultivares de soja resistentes ao herbicida glifosato trouxe inúmeros benefícios ao manejo de plantas daninhas na cultura. Embora esta evolução tenha como principal fundamento a existência de mecanismos de resistência ao glifosato à cultura da soja, há relatos sobre efeitos indesejáveis desse herbicida sobre o desempenho fisiológico o comportamento produtivo das lavouras. Diante do exposto, objetivou-se com este trabalho mensurar o efeito de diferentes doses do herbicida glifosato sobre os caracteres agronômicos e componentes de produção da cultura da soja, bem como determinar os níveis de fitotoxidez que o aumento da dose do produto pode acarretar no crescimento da planta. Foi instalado experimentos em dois ambientes, um no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras, no município de Lavras – MG e o outro na fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, EPAMIG, no município de Patos de Minas, MG, ambos na safra 2014/15. O experimento foi implantado em delineamento em blocos ao acaso, em esquema fatorial 3x6, sendo 3 cultivares e 6 doses de glifosato. A parcela foi constituída por duas linhas de 5 m de comprimento, com espaçamento de 0,5 m entre linhas. Os dados foram submetidos à análise de conjunta. Conclui-se que o aumento das doses de glifosato nas cultivares de soja não afetam os caracteres agronômicos e componentes de produção. O uso de altas doses de glifosato proporciona efeitos fitotóxicos nas plantas apenas durante os primeiros dias após a aplicação. As cultivares apresentaram respostas distintas frente às doses de glifosato, quanto às avaliações de porcentagem de fitotoxidade.

Palavras-chave: *Glycine max*, controle químico, defensivo agrícola, desempenho produtivo, altas doses.

ABSTRACT

The development of soybean cultivars resistant to the herbicide glyphosate has brought many benefits to weed management in culture. Although this development has as its main foundation the existence of mechanisms of resistance to glyphosate in soybean crop, there are reports about adverse effects of this herbicide on the physiological performance productive behavior of crops. Given the above, the aim of this study was to measure the effect of different doses of the herbicide glyphosate on agronomic traits and yield components in soybean , and to determine the phytotoxicity levels that each dose of the product may result in plant growth .Therefore an experiment was conducted in two locations, one at the Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras, Federal University of Lavras, in Lavras - MG and the other at the Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, EPAMIG, in the city of Patos de Minas, MG, during the 2014/15 crop. 18 treatments were used with three replications, composed of three cultivars and six glyphosate doses, in an RBD in a 3 x 6 factorial. The plot consisted of two 5 m rows, with 0.5 m between rows. Data were submitted to joint variance analysis. It can be concluded that there is no effect of increased glyphosate levels in soybean cultivars on production of components and agronomic traits. The use of high doses of glyphosate in plants provides phytotoxic effects only during the first days after application. Cultivars showed different answers ahead of glyphosate doses, for the percentage of phytotoxicity assessments.

Keywords: *Glycine max*, chemical control, crop protection, productive behavior, high doses.

1. INTRODUÇÃO

O glifosato é um herbicida de aplicação em pós-emergência, pertencente ao grupo químico das glicinas substituídas, classificado como não seletivo. Apresenta largo espectro de ação pelo controle de plantas daninhas anuais ou perenes, tanto de folhas largas como estreitas. Apresenta ação sistêmica, sendo absorvido pelas folhas e tecidos verdes e translocado, preferencialmente pelo floema, para os tecidos meristemáticos da planta. Atua inibindo a atividade da enzima 5-enolpiruvilshiquimato-3 fosfato sintase (EPSPs), que é catalisadora de reações de síntese de aminoácidos aromáticos essenciais à planta como: fenilalanina, tirosina e triptofano (GALLI; MONTEZUMA, 2005; VICTORIA FILHO, 2008).

Há relatos na literatura de que o glifosato pode causar estresse, mesmo em plantas de soja RR, para as quais é seletivo. Neste caso, não possui ação herbicida, mas pode gerar efeito fitotóxico, afetar a eficiência no uso da água, a fotossíntese e o balanço nutricional (ZOBIOLE et al. 2010; ZOBIOLE; OLIVEIRA JUNIOR, 2009; ZOBIOLE et al., 2009a; ZOBIOLE et al. 2009b; ALBRECHT et al., 2008).

Embora exista o mecanismo de resistência ao herbicida na soja RR, Santos et al. (2007a), também afirmam que há relatos de agricultores sobre o possível efeito do glifosato afetando negativamente o desenvolvimento inicial de plantas, para a qual esse produto é recomendado.

Mesmo considerando que foram desenvolvidas pesquisas sobre as implicações fisiológicas e agronômicas que o glifosato pode acarretar na soja RR, ainda há necessidade de se avaliar o efeito desta tecnologia nas cultivares que são mais utilizadas atualmente pelos produtores.

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho avaliar a influência de diferentes doses de glifosato sobre os componentes de produção, bem como os caracteres agronômicos e os efeitos fitotóxicos ocorridos em diferentes cultivares de sojas resistentes ao glifosato.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Locais de condução do experimento

O município de Patos de Minas – MG apresenta uma altitude de 940 metros. A temperatura média é de 21,1°C e índice pluviométrico anual de 1474,4 mm, quase totalmente distribuído entre outubro e março. A pluviometria e as temperaturas máximas e mínimas mensais durante o período de condução do experimento registrados em Patos de Minas estão apresentadas respectivamente na figura 1:

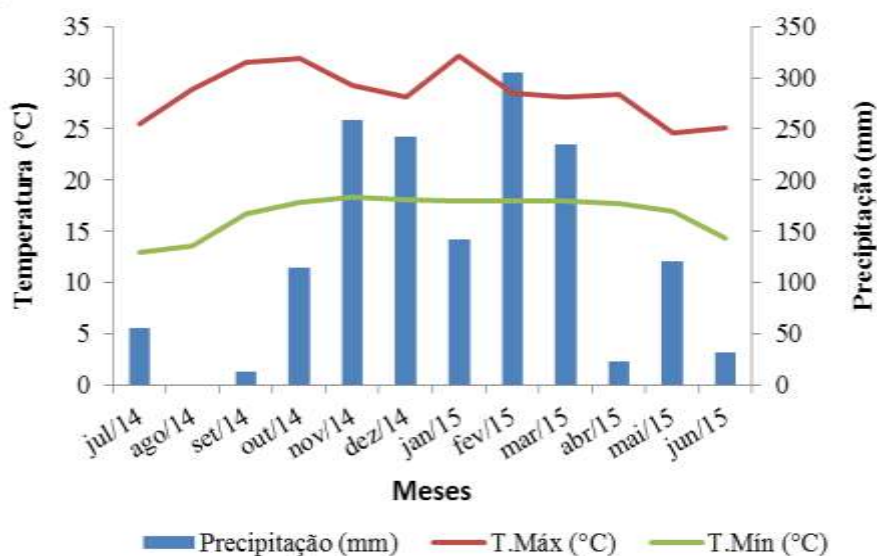


Figura 1 Precipitação, temperatura máxima e mínima de julho de 2014 a junho de 2015 em Patos de Minas, MG. Fonte: Adaptado de INMET (2016)

O solo da área experimental de Patos de Minas é do tipo: os teores de nutrientes e atributos químicos do solo no local onde foi conduzido o experimento estão apresentados na tabela 1.

Tabela 1 Características químicas do solo (0 – 20 cm) na área experimental da Fazenda da Epamig (Empresa de Pesquis Agropecuária de Minas Gerais, na cidade de Patos de Minas, MG

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H +Al	SB	t	T
H ₂ O	-----	mg/dm ³	-----	-----	cmol/dm ³	-----	-----	---	cmolc/dm ³	--
5,8	46	80	-	1,55	0,9	0,04	3,6	2,6	2,6	6
V	m	M.O	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	
-----%	-----	dag/kg	mg/L	-----	-----	-----	mg/dm ³	-----	-----	
42	1,5	2,68	4,8	3,5	38,1	76,4	15	0,17	8	

O município de Lavras – MG apresenta uma altitude de 919 metros, possui duas estações definidas, seca de abril a setembro e chuvoso de outubro a março, é do tipo Cwb (DANTAS, CARVALHO, FERREIRA, 2007). A temperatura média anual gira em torno de 18°C, com precipitação média de 1530 mm, evaporação total do ano igual a 1.034,3 mm e a umidade relativa média anual de 76% (BRASIL,1992). A pluviometria e as temperaturas máximas e mínimas mensais durante o período de condução do experimento registrados em Lavras estão apresentadas respectivamente na figura 2.

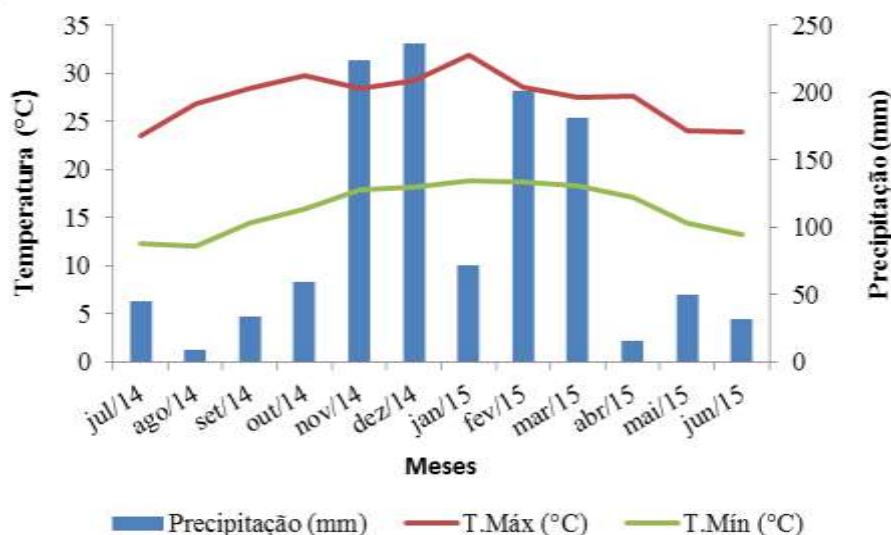


Figura 2 Precipitação, temperatura máxima e mínima de julho de 2014 a junho de 2015 em Lavras, MG. Fonte: Adaptado de INMET (2016).

O solo da área experimental em Lavras é do tipo Latossolo Vermelho Distroférico Típico, cujo resultado das características químicas e teor de nutrientes do solo estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 Características químicas do solo (0 – 20 cm) na área experimental no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras. Lavras – MG.

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T
H ₂ O	-----	mg/dm ³	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
5,9	7,21	118	-	4,7	1,3	0,0	2,9	6,3	6,3	9,2
V	m	M.O	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	
-----%	-----	dag/kg	mg/L	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
68,51	0,0	2,61	13,33	5,31	-	13,33	0,60	0,33	-	

2.2. Instalação e condução dos experimentos

O experimento foi distribuído em parcelas às quais foram constituídas de quatro fileiras com 5,0 m de comprimento, espaçadas em 0,50 m. Foram utilizadas como área útil as duas fileiras centrais, eliminando-se as linhas das extremidades. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados completos com três repetições, cujos tratamentos foram dispostos em um esquema fatorial 3 x 6, com 3 cultivares e seis doses de glifosato

A instalação do experimento no campo foi realizada no sistema de semeadura direta. A abertura dos sulcos no solo e a adubação na base com fósforo foram realizadas de forma mecânica e a semeadura realizada de forma manual no início de novembro de 2014. A inoculação das sementes foi realizada com inoculante líquido sob os sulcos de plantio com *Bradyrhizobium japonicum* na proporção de seis vezes a dose recomendada para o tratamento via sementes (2 ml/kg de semente). A densidade de semeadura foi de 12 plantas por metro linear, após o debate.

Para o controle de doenças foram realizadas aplicações preventivas de fungicidas. Os fungicidas utilizados foram Piraclostrobina, na dosagem

de 0,5 L.ha⁻¹, *Piraclostrobina* + *Epoxiconazol* na dosagem de 0,5 litros do produto comercial por hectare e *Azoxistrobina* + *Ciproconazol* na dosagem de 300 mL de produto comercial por hectare, com volume de calda de 200 litros por hectare.

Da mesma maneira, o controle de pragas foi realizado quando atingido o nível de dano econômico com a utilização de inseticidas reguladores de crescimento – sendo o ingrediente ativo o *Teflubenzurom* na dosagem de 50 mililitros por hectare do produto comercial aplicado com um volume de calda 200 litros por hectare – e também com inseticidas de contato – a base de *Cipermetrina* e *Clorpirifós* na dosagem de 120 e 250 mililitros por hectare, respectivamente.

A colheita foi realizada manualmente quando as plantas se encontravam entre R7 (maturidade fisiológica) e R8 (maturação plena), (FEHR et al., 1971). Foi efetuada secagem natural (ao sol), até que as sementes atingissem teor de água próximo a 13% (base úmida). A debulha foi realizada por meio de trilhadora mecânica estacionária de parcelas com cilindro e côncavo transversais.

2.3. Tratamentos avaliados

2.3.1. Cultivares

Foi utilizada três cultivares comerciais e resistentes ao glifosato, às quais estão descritas através de suas principais características fenotípicas na tabela 3:

Tabela 3 Principais características fenotípicas das cultivares de soja utilizadas na condução dos Experimentos em Lavras e Patos de Minas, MG, 2014

Cultivar	Ciclo Médio	Hábito de Crescimento	Resistência a Doenças
CD 250 RR	105	Indeterminado	Cancro da haste, Mancha do olho de rã, Pústula bacteriana
TMG 1174RR	110	Determinado	Cancro da haste, Mancha olho-de-rã, Nematóides de cistos (Raças 1 e 3)
V-MAX RR	120	Indeterminado	Cancro da haste, mancha olho de rã, Nematóides de cistos (Raças 1 e 3)

2.3.2. Doses de herbicida

O herbicida utilizado foi o glifosato, um herbicida sistêmico de largo espectro, não seletivo, pós-emergente, amplamente utilizado na agricultura onde o controle total da vegetação é requerido. As dosagens aplicadas no campo e suas respectivas quantidades recomendadas de ingredientes ativos estão representadas na tabela 4.

Tabela 4 Doses das caldas e ingrediente ativo do herbicida glifosato.

DOSE	
L/ha	g ia/ha
0	0
2	480
4	960
6	1440
8	1920
10	2400

A aplicação das caldas foi realizada 25 dias após a emergência de plantas, com o auxílio de um pulverizador costal mantido com a pressão constante por CO₂ comprimido, equipado com barra com 5 pontas de pulverização tipo leque XR 11002 VS, espaçados de 0,5 m e pressão de trabalho de 30 lb/pol².

2.4. Caracteres avaliados

a) Inserção 1º legume (cm)

A inserção do primeiro legume foi mensurada em (cm) por meio de uma régua aferida que foi disposta ao lado da planta, sendo obtido o valor (cm) do solo até o primeiro legume da planta, avaliando-se cinco plantas aleatórias na parcela.

b) Altura de plantas (cm)

A altura de plantas foi avaliada por meio de uma régua aferida que foi disposta ao lado da planta, sendo obtido o valor (cm) do solo até o ápice da planta, avaliando-se cinco plantas aleatórias na parcela.

c) Produtividade de grãos (kg.ha⁻¹)

A produtividade foi determinada a partir da colheita das duas linhas de 5 m de cada parcela. Em seguida, padronizou-se a umidade dos grãos para 13% e foi definida a produtividade de cada parcela com área útil de 5m². Estimou-se a produtividade para 10.000 m² obtendo-se assim a produtividade em kg.ha⁻¹.

d) Peso de mil grãos

Foram retiradas oito repetições de 100 sementes. Em seguida as sementes de cada repetição foram pesadas, considerando-se quatro casas decimais (g). Calculou-se a variância, o desvio padrão e o coeficiente de variação dos valores obtidos nas pesagens. O resultado da determinação foi obtido multiplicando-se por 10, o peso médio das oito repetições de 100 sementes quando o coeficiente de variação não excedeu 4%, seguindo metodologia descrita nas Regras para Análise de Sementes (BRASIL, 2009).

e) Peso de Matéria Seca de Plantas

A massa seca de plantas (parte aérea + sistema radicular) foi tomada

após avaliação de emergência de plântulas sob condições controladas em casa de vegetação. As amostras foram lavadas, secas e colocadas em sacos de papel para serem novamente secas em estufa de circulação forçada de ar a 65 - 70 °C até peso constante. A pesagem foi realizada por uma balança de precisão.

f) Fitotoxidade

O método de avaliação de fitotoxidade foi baseado no modelo proposto e adaptado por Martins et al., (2004), na qual adotou-se uma metodologia semelhante à aplicada para caracterização dos sintomas de doenças foliares de final de ciclo em soja. A avaliação foi realizada por 02 pessoas separadamente por meio de uma ficha de classificação, aos 7, 14 e 21 DAA (dias após a aplicação). Para atribuição de notas na identificação da fitotoxidade na planta foi elaborado um diagrama o qual se estabeleceu o critério da porcentagem de área foliar total atingida pelos sintomas (Figura 3), avaliando assim o conjunto geral de folhas da planta.

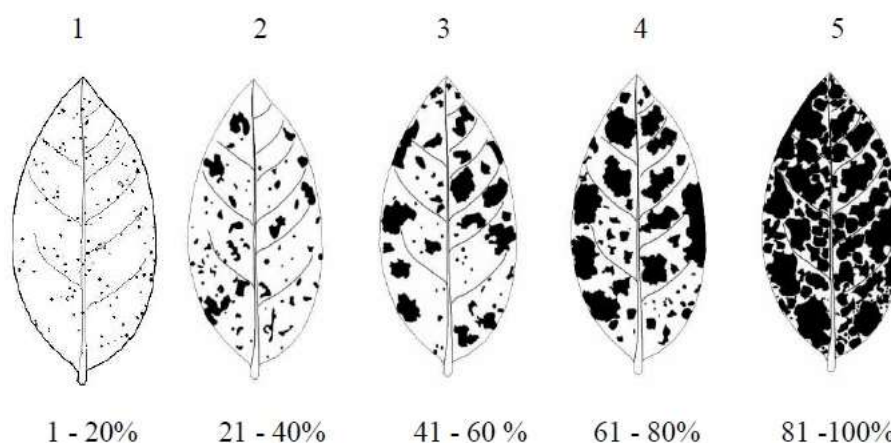


Figura 3 Diagrama para identificação e quantificação dos sintomas de fitotoxidade. Adaptado por Martins et al., 2004.

Para nota 0 (zero) atribuída, foi considerado sem sintomas

acometidos na área foliar. Nota 1 (um) entre 1 e 20%, nota 2 (dois) entre 21 e 40%, nota 3 (três) entre 41 e 60%, nota 4 (quatro) entre 61 e 80% e nota 5 com mais de 81% da área foliar acometido. Como diagrama estabelecido para a quantificação dos sintomas da fitotoxidade apresentava uma amplitude de área foliar atingida, para efeito de análise estatística considerou-se o valor médio da porcentagem de área foliar acometida na amplitude de cada nota atribuída, sendo que os efeitos da fitotoxidade foram submetidos à regressão.

2.5. Análise estatística dos dados fenotípicos

A análise conjunta envolvendo os dois locais foi realizada utilizando modelo estatístico:

$$y_{ijkl} = m + c_i + b_{j(l)} + d_k + a_l + (cd)_{ik} + (ca)_{il} + (da)_{kl} + (cda)_{ikl} + e_{ijk(l)}$$

em que:

y_{ijkl} : é o valor observado relativo a parcela que recebeu o tratamento i no bloco j na dose k no local l .

m : é a média geral;

c_i : é o efeito da cultivar i , ($i = 1, 2, 3$);

$b_{j(l)}$: é o efeito do bloco j dentro do local l ($j = 1, 2, 3$);

d_k : é o efeito da dose k ($k = 1, 2, \dots, 6$);

a_l : é o efeito do local l ($l = 1$ e 2);

$(cd)_{ik}$: é o efeito da interação cultivares e doses;

$(ca)_{il}$: é o efeito da interação cultivares e local;

$(da)_{kl}$: é o efeito da interação doses e local;

$(cda)_{ikl}$: é o efeito da interação cultivares, doses e local;

$e_{ijk(l)}$: é o erro experimental ($e_{ijk(l)} \sim n(0 \text{ e } \sigma^2)$).

As médias foram comparadas pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada com o auxílio do pacote estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Caracteres Agronômicos

O coeficiente de variação (CV) obtido na análise de variância, indica o grau de precisão na condução do experimento. Com base no CV obtido, observa-se na tabela 1A que os caracteres avaliados obtiveram alta a boa precisão.

Na análise conjunta (Tabela 5), detectou-se diferença significativa para a fonte de variação cultivares para todos os caracteres, exceto para altura de plantas. Esse resultado já era esperado em virtude das cultivares serem de diferentes procedências, apresentando assim características agronômicas únicas para os locais que foram desenvolvidas. Para a fonte de variação (FV) doses não foram observadas diferenças significativas para todos os caracteres avaliados.

É importante destacar também os resultados obtidos para a interação C x D que evidenciaram respostas não consistentes das cultivares frente às doses de glifosato sendo, portanto, não observado efeito significativo para nenhum dos caracteres avaliados. Há relatos na literatura que demonstram a existência desta interação e que divergem dos resultados divulgados por este trabalho (ALONSO et al., 2013).

Como houve diferença significativa para a FV locais bem como cultivares, espera-se também que exista efeito da interação destes fatores. No presente trabalho detectou-se interação para a maioria dos caracteres, exceto peso de mil grãos. A interação cultivares x locais é frequentemente relatado na literatura em diversas culturas, tais como soja (CARVALHO et al., 2013), feijão (RIBEIRO et al., 2014) e arroz (NETO et al., 2013). Este fato indica que a resposta frente às variações ambientais não foi coincidente para as cultivares avaliadas. Este resultado era esperado, pois os dois locais são distintos no que se tange as características de altitude, latitude e longitude. Além disso, as características de fertilidade também são divergentes.

Tabela 5 Resumo da análise variância conjunta para produtividade de grãos (Prod.), Altura de plantas (Alp), Inserção do primeiro legume (Ipl), Fitomassa da matéria seca (Ftm.) e Peso de mil grãos (Pmg) em função das fontes de variação, Lavras – MG, 2016.

FV	GL	QM				
		Prod.	Alp.	Ipl.	Ftm.	Pmg.
Cultivares (C)	2	6374643,12**	101,02 ^{ns}	74,16**	140,86**	26817,11**
Dose (D)	5	407086,29 ^{ns}	13,82 ^{ns}	0,92 ^{ns}	3,38 ^{ns}	325,15 ^{ns}
Local (L)	1	3253665,97**	2074,19**	20,04*	447,11**	8672,38**
C x D	10	193788,83 ^{ns}	9,55 ^{ns}	1,22 ^{ns}	5,24 ^{ns}	82,48 ^{ns}
C x L	2	3537423,54**	151,51*	44,99**	33,41**	164,01 ^{ns}
D x L	5	229794,15 ^{ns}	27,20 ^{ns}	1,45 ^{ns}	3,00 ^{ns}	157,96 ^{ns}
C x D x L	10	169411,63 ^{ns}	18,53 ^{ns}	3,81 ^{ns}	7,84 ^{ns}	142,13 ^{ns}
Blocos/Local	4	315756,27	88,25	13,90	12,34	186,42
Erro	68	188572,08	32,58	2,98	5,44	139,98
Média Geral		2424,68	57,82	9,89	10,26	145,51
CV (%)		17,91	9,87	17,46	22,73	8,13

** Significativo a 1%, * Significativo a 5%, e^(ns) não significativo de acordo com o teste F.

As médias referentes à FV cultivares na análise conjunta envolvendo todos os caracteres, estão apresentadas na tabela 6. Conforme foi realizada a aplicação de doses crescentes de glifosato até 10l/há, ficou evidenciada uma resposta diferencial das outras cultivares. Este fato pode ser explicado pela maior sensibilidade a sintomas de fitointoxicação que certas cultivares podem apresentar, mesmo sendo consideradas tolerantes ao herbicida. Estas respostas fisiológicas também podem variar de acordo com as características do solo, condições ambientais e outros fatores (ZABLOTOWICZ; REDDY, 2004).

Um resultado que merece destaque é o melhor desempenho da cultivar V-MAX RR para a maioria dos caracteres avaliados bem como nos dois ambientes onde foram conduzidos os experimentos. Este relato confirma que a cultivar em questão não apresentou efeito negativo quanto ao potencial de injúrias provocado pelo aumento de doses de glifosato. Os efeitos identificados no presente trabalho corroboram com resultados discutidos por Albrecht e Ávila (2010), estando provavelmente relacionado à ação deletéria do herbicida glifosato (REDDY et al., 2004; HUBER, 2006; ZOBIOLE et al., 2010a,b,c,d,e).

A cultivar que apresentou melhor desempenho em relação à produtividade de grãos foi a TMG 1174 RR, com 2772,62 kg/ha. Deve-se destacar que o valor máximo obtido está próximo à produtividade nacional adquirida na safra 14/15, que foi de 2999 kg/ha, considerando que as cultivares utilizadas no experimento foram submetidas às condições de estresse propostas pelo trabalho (Tabela 6). O efeito do glifosato na redução do rendimento de grãos de soja possui grande variação entre genótipos em interação com as condições ambientais (ANDRADE; ROSOLEM, 2011), portanto, colaborando com os resultados do presente trabalho.

Guimarães (2008) também destaca que a produtividade de grãos é muito influenciada por vários fatores ambientais, que variam com as diferentes épocas do ano, onde altos rendimentos podem ser obtidos quando as condições relatadas estão em todos os estádios de desenvolvimento.

Tabela 6 Média dos caracteres produtividade de grãos (Prod.), Altura de plantas (Alp.), Inserção de 1º legume (Ipl.), Fitomassa de matéria seca (Ftm.) e Peso de Mil Grãos (Pmg.) referentes à análise conjunta, para as cultivares avaliadas, Lavras – MG, 2016.

Cultivares	Prod.	Alp.	Ipl.	Ftm.	Pmg
CD 250 RR	1956,98 c	55,89 b	8,23 b	10,34 b	143,73 b
TMG 1174 RR	2772,62 a	58,61 a	10,83 a	8,24 c	119,15 c
V – MAX RR	2544,42 b	58,95 a	10,59 a	12,20 a	173,65 a

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

Com relação aos dados referentes à altura de plantas, nota-se que para a fonte de variação cultivares se obteve diferença significativa para este caráter. As melhores médias de altura foram encontradas para as cultivares V-MAX RR e TMG 1174 RR, respectivamente com médias de 58,95 e 58,61 cm. Estes dados divergem do que é proposto para variedades comerciais. Preconiza-se que as cultivares de sojas modernas apresentem altura de planta entre 60,0 a 110,0cm, não apenas para alta produtividade, mas também para elevado rendimento operacional da colhedora (SHIGIHARA; HAMAWAKI, 2005). A altura de plantas é um aspecto agrônomico que é amplamente relacionado não só a rendimento de grãos, mas também ao controle de plantas daninhas e seus métodos de manejo. As variações de altura de plantas também são muito influenciadas também por aspectos ambientais como umidade e temperatura (CARTTER; HARTWIG, 1967).

Em relação às médias de inserção do primeiro legume, as cultivares que apresentaram maiores estimativas foram a TMG 1174 RR e V-MAX RR respectivamente com 10,89 e 10,59 cm. Estas cultivares se enquadram no que foi proposto por Valadão Júnior et al., (2008), a qual recomenda altura da primeira vagem igual ou superior a 10 cm para se obter um alto rendimento operacional de colheita.

Guimarães et al., (2008) propõe que os fatores ambientais e de prática cultural que influenciam a altura de inserção do primeiro legume também influencia outros caracteres agrônomicos, como produtividade de grãos e altura de plantas.

Como já foi destacado anteriormente, a cultivar V-MAX RR foi a que apresentou as melhores estimativas para a maioria dos caracteres avaliados. Em relação ao caráter fitomassa de matéria seca, esta cultivar foi superior em 32,45% no seu peso seco em relação a cultivar TMG 1174 RR e 15,24% em relação a cultivar CD 250 RR. Esta análise pode ser justificada pelo melhor desempenho da cultivar V-MAX RR mesmo em condições de altas dosagens de glifosato, colaborando com Mendes et al., (2007), que avaliaram a matéria seca de plantas de soja RR aos 42 dias após a aplicação do herbicida glifosato, concluindo que as doses do produto, mesmo a recomendada e subdoses recomendadas, afetam o teor de massa seca total da plantas de soja RR. Como os resultados diferiram entre si para as cultivares, era de se esperar também o fato destas serem de diferentes procedências, confirmando assim a influência de aspectos genéticos e ambientais no acúmulo de nutrientes durante o desenvolvimento vegetativo da planta,

Há relatos na literatura que o menor acúmulo de biomassa é ocasionado por problemas nutricionais ocasionados diretamente pelo uso do glifosato em pós-emergência na cultura da soja (HUBER, 2007; SANTOS et al., 2007a; ZOBIOLE et al., 2010c,e).

Já para o caráter peso de mil grãos, pode-se destacar novamente que a cultivar V-MAX RR apresentou melhores médias em relação às outras cultivares. Sua estimativa foi de 173,65 g enquanto que o menor índice médio para tal variável foi de 119,15, atribuído a cultivar CD 250 RR. Navarro Junior & Costa, 2002 relatam que a formação de legumes pode ser prejudicada em razão da competição por assimilados com os legumes formados mais cedo, e pode limitar fisicamente o tamanho potencial do grão. Neste caso, os resultados evidenciam a variação desta característica entre genótipos de soja. Camozzato et al. (2009) também verificaram diferenças no peso de mil sementes entre cultivares de soja. O que está relacionado ao maior controle genético do peso de sementes, em relação ao número de legumes por planta que é mais responsivo aos tratamentos. Devido a isto, o peso de sementes é dotado de maior resistência às fontes de variações

(RITCHIE et al., 1997), sofrendo pouca influência de tratamentos que modifiquem o ambiente.

As médias referentes à interação cultivares x locais, na análise conjunta, envolvendo todos os caracteres, estão apresentadas na tabela 7. No contexto geral, a cultivar que obteve resultados mais significativos foi a V-MAX RR, independente do ambiente que foi conduzido o experimento. Pode-se destacar que para os parâmetros fitomassa de matéria seca e altura de plantas esta cultivar apresentou índices superiores as demais. A cultivar TMG 1174 RR também alcançou respostas mais expressivas para alguns caracteres avaliados como inserção de primeiro legume e produtividade, porém, especificamente apenas para um dos locais de condução do trabalho. A cultivar CD 250 RR apresentou desempenho inferior para todos os caracteres avaliados, indicando possivelmente que o genótipo em questão não apresenta boa adaptabilidade às condições de cultivo dos dois locais de condução do experimento.

Devem-se destacar também os fatores ambientais imprevisíveis, tais como: precipitação e temperatura (Figuras 1 e 2). No período de condução do experimento ficam evidentes que, no município de Lavras, foram observados maiores índices pluviométricos nos meses de novembro e dezembro enquanto que em Patos de Minas o maior acúmulo de precipitação foi detectado em janeiro e fevereiro.

Tabela 7 Desdobramento da interação cultivares x locais para os caracteres Produtividade de Grãos (Prod.), Altura de Plantas (Alp.), Inserção de 1° Legume (Ipl.) e Fitomassa de Matéria Seca (Ftm.) referentes à análise conjunta, Lavras – MG, 2016.

Cultivares	Prod		Alp		Ipl		Ftm		Pmg	
	Lav	Ptm	Lav	Ptm	Lav	Ptm	Lav	Ptm	Lav	Ptm
CD250RR	1881,31 c	2032,65 b	52,47 a	59,31 b	8,79 b	7,68 c	8,53 a	12,14 b	155,14 b	132,31 b
TMG1174RR	3298,12 a	2247,12 b	55,61 a	61,60 b	10,64 a	11,03 b	7,04 b	9,45 c	127,05 c	111,24 c
V-MAXRR	2615,31 b	2473,54 a	52,21 a	65,69 a	8,94 b	12,24 a	9,11 a	15,29 a	181,21 a	166,08 a

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade

3.2. Fitotoxidade

Para a característica fitotoxidade, fica evidente através da figura 4 que, na primeira avaliação realizada aos 7 dias após a aplicação (DAA) dos tratamentos, ocorreram os maiores índices de toxidez nas folhas, destacando que a dose mais alta utilizada, neste caso 2400 g.ia/há (10 l/ha), também apresentou as maiores estimativas. Pode-se observar também que nas avaliações aos 14 e 21 DAA o aumento da porcentagem de área foliar manteve o seu crescimento comparando as doses do herbicida utilizado, mas os níveis de toxidade apresentaram abaixo daqueles que foram obtidos logo na primeira avaliação. Resultados deste trabalho colaboram com Alonso (2008), na qual os sintomas perceptíveis visualmente na parte aérea, como amarelecimento das folhas superiores e que geralmente não são observados durante todo o ciclo da soja, apresentam a tendência de desaparecer em torno de 20 dias após a aplicação.

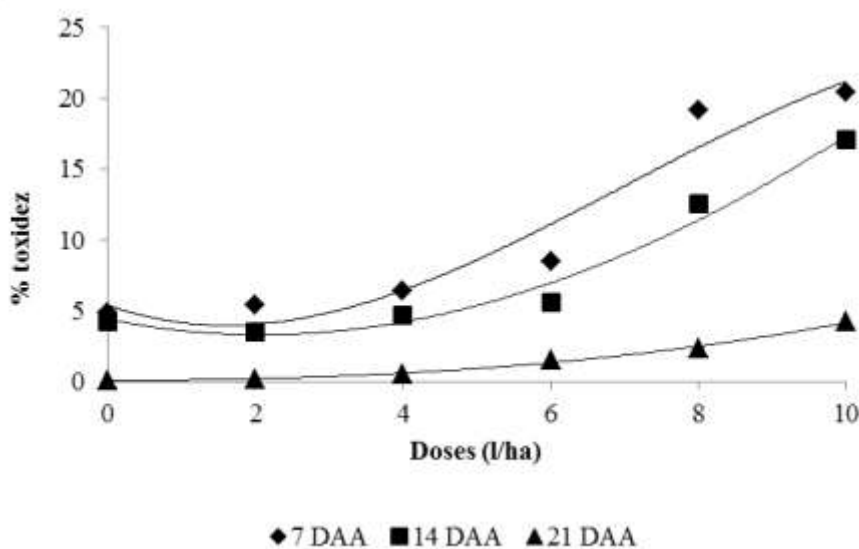


Figura 4 Resposta das cultivares avaliadas quanto a fitotoxidade na parte aérea das plantas em função das doses de glifosato, Lavras, MG, 2016

Dentre as cultivares, é importante destacar que houve resposta significativa apenas aos 7 e 14 DAA. A cultivar CD 250 RR foi a que apresentou maiores índices de fitotoxidade durante a avaliação após sete dias da aplicação do produto (Figura 5). A cultivar V-MAX RR foi a que obteve maiores respostas a fitotoxidez aos 14 DAA. Na última avaliação realizada, aos 21 dias, nenhuma cultivar se destacou pelos danos de fitotoxidez nas folhas. Estes resultados colaboram com os trabalhos de Alonso (2008).

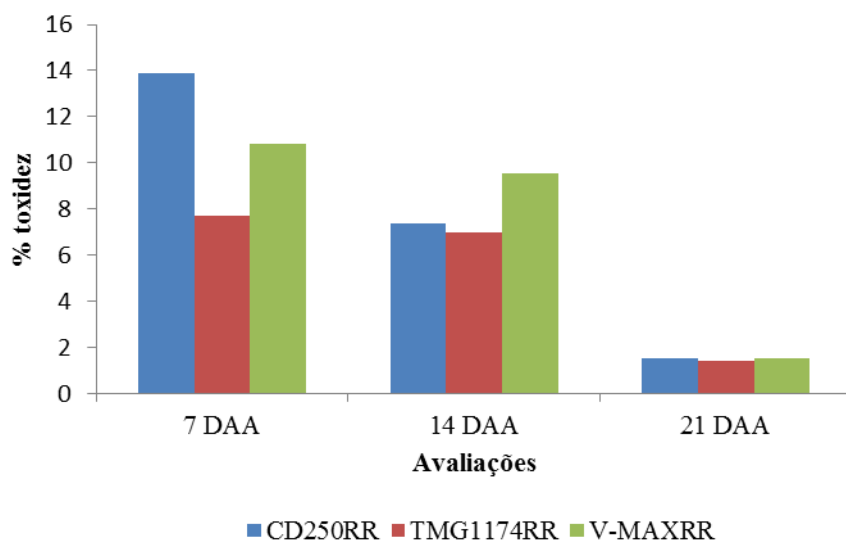


Figura 5 Porcentagem de danos observados no teste de tetrazolio para cada cultivar, Lavras - MG, 2016

Com relação aos efeitos notados na parte aérea, tem-se observado o chamado “yellow flashing”, que seria um sintoma visual do efeito negativo do glyphosate sobre parâmetros fotossintéticos e teores de clorofila (KRAUSZ; YOUNG, 2001; REDDY; ZABLOTOWICZ, 2003). Esse amarelecimento de folhas jovens pode ser atribuído à imobilização de cátions bivalentes como Fe e Mn (HUBER, 2006; BOTT et al., 2008; ZOBIOLE et al., 2010e). Esta é uma das possibilidades que explicariam a

menor concentração destes nutrientes nos tecidos das plantas (ZOBIOLE et al., 2010e).

De acordo com Cakmak et al. (2009), a persistência desse sintoma clorótico depende da habilidade da planta de se recuperar pela absorção radicular dos elementos que foram imobilizados pelo glyphosate nos tecidos foliares. Para Reddy et al. (2004), esse sintoma indesejável na soja RR é atribuído ao acúmulo de AMPA (ácido aminometilfosfônico), primeiro metabólito fitotóxico do glyphosate, o qual é um dos responsáveis pela diminuição da biomassa seca da parte aérea e raiz e do teor de clorofila (REDDY et al., 2000; KING et al., 2001; ZABLOTOWICZ & REDDY, 2004).

4. CONCLUSÕES

O aumento das doses de glifosato nas cultivares de soja não afetam os caracteres agronômicos e componentes de produção.

O uso de altas doses de glifosato proporciona efeitos fitotóxicos nas plantas apenas durante os primeiros dias após a aplicação.

As cultivares apresentaram respostas distintas frente às doses de glifosato, quanto às avaliações de porcentagem de fitotoxicidade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, L. P. et al. Qualidade fisiológica e sanitária das sementes sob semeadura antecipada da soja. **Scientia Agraria**, v. 9, n. 4, p. 445-454, 2008.

ALONSO, D.G. **Seletividade de glyphosate isolado ou em mistura para soja RR**. 2008. 72p. Dissertação (Mestrado na área de Agronomia) - Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2008.

ALONSO, D.G.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR., R.S.; SANTOS, G.; DAN, H.A.; OLIVEIRA NETO, A.M. Seletividade de glyphosate isolado ou em misturas para soja RR em aplicações sequenciais. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 31, n. 1, p. 203-212, 2013.

ANDRADE, G. J. M.; ROSOLEM, C. A. Absorção de manganês em soja RR sob efeito do glifosato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 3, p. 961-968, 2011.

BERNARD, R. L.; CHAMBERLAIN, D. W.; LAWRENCE, R. D. **Results of the cooperative uniform soybean test**. Washington: USDA, 1965. p.134.

BOTT, S.; TESFAMARIAN, T.; CANDAN, H.; RÖMHELD, V.; NEUMANN, G. Glyphosate-induced impairment of plant growth and micronutrient status in glyphosate-resistant soybean (*Glycine max* L.). **Plant and Soil**, The Hague, v. 312, p. 185-194, 2008.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. **Departamento Nacional de Meteorologia. Normais climatológicas: 1961-1990**. Brasília, 1992. 84p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 395 p.

CAKMAK, I.; YAZICI, A.; TUTUS, Y.; OZTURK, L. Glyphosate reduced seed and leaf concentrations of calcium, manganese, magnesium and iron in non-glyphosate resistant soybean. **European Journal of Agronomy**, Montpellier, v. 31, p. 114-119, 2009.

CAMOZZATO, V. A. et al. Desempenho de cultivares de soja em função do tamanho das sementes. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 31, n. 1, p. 288-292, 2009.

CARTTER, J. L.; HARTWIG, E. E. **The management of soybean**. In:

- NORMAN, A. G. (Ed.). The soybean. New York: [s.n.], 1967. 162-221 p.
- DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov 2007.
- FEHR, W.R. et al. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, Madison, v.11, n.6, p.929-931, 1971.
- FERREIRA, D.F. Sisvar: A computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p.1039-1042, 2011.
- GALLI, A.J.B.; MONTEZUMA, M.C. **Glifosato: alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura**. [S.l.]: ACADCOM, 2005. 66p.
- GUIMARÃES, F. S. et al. Cultivares de soja [*Glycine max* (L.) Merrill] para cultivo de verão na região de Lavras-MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 32, n. 4, p. 1099-1106, 2008.
- HUBER, D.M. What about glyphosate-induced manganese deficiency? **Fluid Journal**, Manhattan, v1, p. 20-22, 2007.
- KING, A.C.; PURCELL, L.C.; VORIES, E.D. Plant growth and nitrogenase activity of glyphosate-tolerant soybean in response to glyphosate applications. **Agronomy Journal**, Madison, v. 93, p. 179-186, 2001.
- KRAUSZ, R.F.; YOUNG, B.G. Response of glyphosate-resistant soybean (*Glycine max*) to trimethylsulfonium and isopropylamine salts of glyphosate. **Weed Technology**, Champaign, v. 15, p. 745-749, 2001.
- MARCOS FILHO, J. **Fisiologia de sementes de plantas cultivadas**. Piracicaba: Fealq, 2005. 495 p.
- MARTINS, M. C; GUERZONI, R. A; CÂMARA, G. M de S; MATTIAZZI, P; LOURENÇO, S. A; AMORIM, L. Escala Diagramática para a Quantificação do Complexo de Doenças Foliares de Final de Ciclo em Soja. **Fitopatologia Brasileira**, p.119-184, 2004.
- MENDES, C. R; LIMA, M. G. S; TIMM, F. C; BERVALD, C. M. P; HENRIQUES, A. R; LARRÉ, C. F; DODE, J; MORAES, D. M. Massa seca de plantas de soja RR submetidas à Glifosato em pós emergência. In: CONGRESSO DE INICIAÇÃO CIENTÍFICA, 16, 2007, Pelotas - RS. **Anais...** Pelotas: UFPEL, 2007,
- NAVARRO JÚNIOR, H. M.; COSTA, A. C. Contribuição relativa dos

componentes do crescimento para produção de grãos de soja. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 2, p. 269-274, 2002.

REDDY, K.N.; ZABLOTOWICZ, R.M. Glyphosate-resistant soybean response to various salts of glyphosate and glyphosate accumulation in soybean nodules. **Weed Science**, Champaign, v. 51, p. 496-502, 2003.

REDDY, K.N.; RIMANDO, A.M.; DUKE, S.O. Aminomethylphosphonic acid, a metabolite of glyphosate, causes injury in glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.52, p.5139-5143, 2004.

RITCHIE, S. W. et al. **How a soybean plant develops**. Ames: Iowa State University of Science, 1997. 20 p.

SANTOS, J.B.; FERREIRA, E.A.; REIS, M.R.; SILVA, A.A.; FIALHO, C.M.T.; FREITAS, M.A.M. Avaliação de formulações de glyphosate sobre soja Roundup Ready. **Planta daninha**, Viçosa, MG, v. 25, n. 1, p. 165-171, 2007a.

SHIGIHARA, D.; HAMAWAKI, O. T. Seleção de genótipos para juvenilidade em progênes de soja. **Revista Horizonte Científico**, Uberlândia, v. 4, n. 1, p. 1-26, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918p.

VALADÃO JÚNIOR, D. D. et al. Adubação fosfatada na cultura da soja em Rondônia. **Scientia Agraria**, Curitiba, v. 09, n. 03, p. 369-375, 2008.

VICTORIA FILHO, R. Estratégias de manejo de plantas daninhas. In: ZAMBOLIM, L.; ZUPPI, M.; SANTIAGO, T. O que engenheiros agrônomos devem saber para orientar o uso de produtos fitossanitários. 3. ed. São Paulo: **ANDEF**, 2008. p.397-464.

ZABLOTOWICZ, R.M.; REDDY, K.N. Impact of glyphosate on the *Bradyrhizobium japonicum* symbiosis with glyphosate-resistant transgenic soybean: a minireview. **Journal of Environmental Quality**, Madison, v. 33, p. 825-831, 2004.

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S. Efeito do glyphosate nos parâmetros nutricionais e fotossintéticos na cultura da soja resistente ao glyphosate. In: V Congresso Brasileiro de Soja e Mercosoja 2009, 2009, Goiânia - GO. **Anais**: Embrapa Soja, 2009.

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; BONATO, C.M.; MUNIZ, A.S.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA

JUNIOR, A. Effect of increasing doses of glyphosate on water use efficiency and photosynthesis in glyphosate-resistant soybeans. In: VIII World **Soybean Research Conference**, 2009, Summaries: Beijing. Weed and Its Management, 2009a.

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; HUBER, D.M.; CONSTANTIN, J.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Glyphosate reduces shoot concentrations of mineral nutrients in glyphosate-resistant soybeans. **Plant and Soil**, v. 321, p. 4, 2009b.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR, R.S.; KREMER, R.J.; CONSTANTIN, J.; YAMADA, T.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; OLIVEIRA JR, A. Effect of glyphosate on symbiotic N₂ fixation and nickel concentration in glyphosate-resistant soybeans. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 44, p. 176-180, 2010a.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR, R.S.; KREMER, R.J.; CONSTANTIN, J.; BONATO, C.M.; MUNIZ, A.S. Water use efficiency and photosynthesis of glyphosate-resistant soybean as affected by glyphosate. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 97, n. 3, p. 182-193, 2010b.

ZOBIOLE, L.H.S.; BONINI, E.A.; OLIVEIRA JR, R.S.; KREMER, R.J.; FERRARESE-FILHO, O. Glyphosate affects lignin content and amino acid production in glyphosate-resistant soybean. **Acta Physiologiae Plantarum**, Heidelberg, v. 32, n. 5, p. 831-837, 2010c.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR, R.S.; KREMER, R.J.; MUNIZ, A.S.; OLIVEIRA JR, A. Nutrient accumulation and photosynthesis in glyphosate-resistant soybeans is reduced under glyphosate use. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v. 33, n. 12, p. 1860-1873, 2010d.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR, R.S.; HUBER, D.M.; CONSTANTIN, J.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; OLIVEIRA JR, A. Glyphosate reduces shoot concentrations of mineral nutrients in glyphosate-resistant soybeans. **Plant and Soil**, The Hague, v. 32, p. 57-69, 2010e.

**CAPÍTULO 3 - QUALIDADE FISIOLÓGICA E ATIVIDADE
ENZIMÁTICA DE SEMENTES DE SOJA SOB DIFERENTES DOSES
DE GLIFOSATO**

RESUMO

O advento da soja tolerante ao herbicida glifosato revolucionou o mercado de soja mundial, proporcionando ao produtor rural facilidades na condução das lavouras. Contudo, resultados de pesquisas recentes vem demonstrando que o glifosato, com o uso intensificado no manejo da soja RR, pode promover efeitos negativos nos caracteres agronômicos da planta bem como na qualidade fisiológica de sementes. Nesse sentido, o objetivo deste trabalho foi avaliar a influência de diferentes doses de glifosato na qualidade de sementes de soja bem como na atividade enzimática das mesmas. Com isto, um experimento foi conduzido no Laboratório Central de Análises de Sementes da UFLA, com amostras de soja provenientes de dois locais, Lavras e Patos de Minas, ambos na safra 2014/15. O experimento foi conduzido adotando-se delineamento inteiramente casualizado, em esquema fatorial 3 x 6, com três cultivares e seis doses de glifosato, com três repetições. Foram realizados os testes de Germinação, Teor de Água, Emergência sob condições controladas, Envelhecimento Acelerado, Condutividade Elétrica, Teste de Tetrazólio e a Análise de Enzimas. Conclui-se que as doses de glifosato não influenciaram na qualidade final de sementes de soja. As cultivares apresentaram respostas distintas, quanto à qualidade fisiológica de sementes, para os tratamentos utilizados. A maior ou menor expressão de enzimas está associada à qualidade fisiológica das sementes de distintos genótipos de soja juntamente com os caracteres ambientais.

Palavras-chave: *Glycine max*, Vigor de Sementes, Viabilidade de Sementes, Atividade Enzimática, Controle Químico

ABSTRACT

The advent of soybeans tolerant to the herbicide Roundup Ready (RR), revolutionized the world soybean market, providing the farmer facilities in the conduct of crops. However, results of recent research has demonstrated that glyphosate, using intensified in the management of RR soy can promote negative effects on agronomic traits in plant and seed physiological quality. In this sense, the objective of this study was to evaluate the influence of different doses of glyphosate in soybean seed quality and in the enzymatic activity of the same. Therefore, an experiment was conducted at the Laboratório Central de Análises de Sementes of UFLA, with soybean samples from two locations, one at the Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras, in the city of Lavras – MG, and the other at the in Fazenda Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, in the city of Patos de Minas, MG, during the 2014/15 crop. The experiment was conducted by adopting a completely randomized design in a factorial 3 x 6, with three cultivars and six doses of glyphosate, adopting three replications. Germination Tests were performed, Water Content, Controlled Emergency, Accelerated Aging, Electrical Conductivity, Tetrazolium Test and Enzyme Analysis were conducted. It was concluded that glyphosate doses did not alter the quality of soybean seeds. Cultivars showed different responses as to the physiological quality of seeds for the treatments . The greater or lesser expression of enzymes are associated with physiological quality of different soybean genotypes seeds along with environmental characters.

Keywords: *Glycine max*, Seed Vigor, Seed Viability, Enzyme Activity, Chemical Control

1. INTRODUÇÃO

Existem diversos trabalhos na literatura sobre os efeitos do glifosato e suas diferentes formulações na fisiologia da soja tolerante ao herbicida. No entanto, pouco se sabe de forma conclusiva sobre o impacto desses efeitos fisiológicos e sobre a qualidade das sementes.

Trabalhos como o de Zobiolo et al. (2010) revelam significativa diminuição nos parâmetros fotossintéticos (clorofila, taxa fotossintética, transpiração) com o uso de glifosato. Em outro estudo, Zobiolo et al. (2009b) já haviam detectado desbalanço nutricional e menor biomassa pelo uso de glyphosate. É razoável supor que tais alterações fisiológicas possam ter algum papel na formação e desenvolvimento das sementes, o que está diretamente relacionado à qualidade destas.

As explicações plausíveis de possíveis danos à qualidade das sementes de soja RR, em virtude do uso de glifosato em pós-emergência, são oriundas, da possibilidade de desarranjos metabólico/fisiológicos, que acarretariam em má formação das sementes ou de injúrias, como as provocadas pelo AMPA (ácido aminometilfosfônico) que poderiam levar a anormalidades na germinação ou desempenho da plântula (REDDY et al., 2004).

Albrecht e Ávila (2010) observaram tendência linear decrescente na qualidade das sementes com o incremento na dose de glyphosate, justificada pelo possível efeito deletério de altas doses desse herbicida. No entanto, o resultado do impacto do uso de glyphosate ainda carece de informações mais amplas, referentes ao efeito sobre os componentes de produção e qualidade das sementes colhidas, assim como sobre a causa bioquímica e fisiológica das possíveis consequências.

Dessa forma, objetivou-se com este trabalho mensurar o efeito das doses de glifosato na qualidade fisiológica de sementes de soja, bem como avaliar o seu efeito através das análises enzimáticas das sementes durante o processo de deterioração.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Locais de condução do experimento no campo

O município de Patos de Minas, Minas Gerais apresenta uma altitude de 940 metros. A temperatura média da região é de 21,1°C e índice pluviométrico anual de 1474,4 mm, quase totalmente distribuído entre outubro e março. A pluviometria e as temperaturas máximas e mínimas mensais durante o período de condução do experimento registrados em Patos de Minas estão apresentadas respectivamente na figura 1:

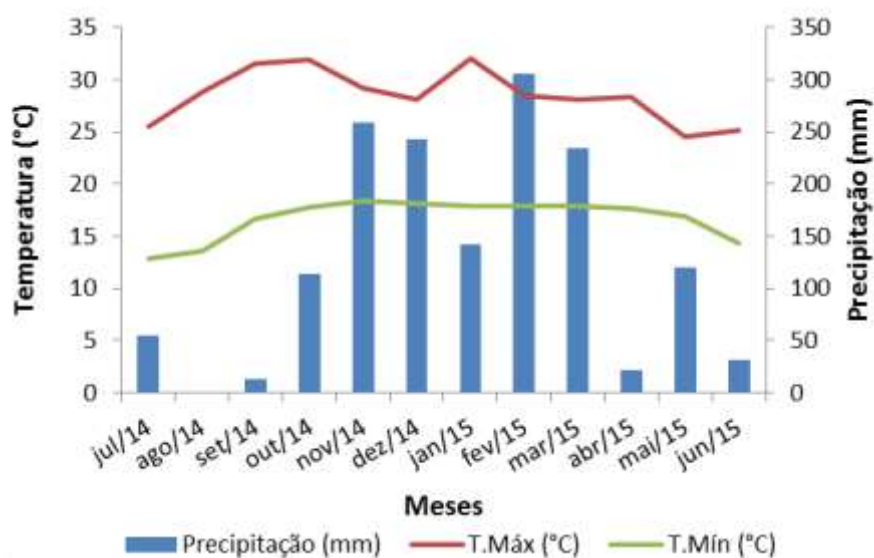


Figura 1 Precipitação, temperatura máxima e mínima de julho de 2014 a junho de 2015 em Patos de Minas, MG. Fonte: Adaptado de INMET (2016).

Os teores de nutrientes e atributos químicos do solo na camada de 0 a 20 cm, no município de Patos de Minas, são apresentados na Tabela 1

Tabela 1 Características químicas do solo (0 – 20 cm) na área experimental da Fazenda da Epamig (Empresa de Pesquis Agropecuária de Minas Gerais, na cidade de Patos de Minas, MG)

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H +Al	SB	t	T
H ₂ O	-----	mg/dm ³	-----	-----	cmol/dm ³	-----	-----	---	cmolc/dm ³	--
5,88	46,9	80	-	1,5	0,8	0,04	3,66	2,62	2,66	6,28
V	m	M.O	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	
-----%	-----	dag/kg	mg/L	-----	-----	-----	-----	-----	-----	
41,78	1,5	2,68	4,82	3,5	38,10	76,4	14,80	0,17	8,09	

O município de Lavras, apresenta uma altitude de 919 metros, possui duas estações definidas, seca de abril a setembro e chuvoso de outubro a março, é do tipo Cwb (DANTAS, CARVALHO, FERREIRA; 2007). A temperatura média anual gira em torno de 18°C, com precipitação média de 1530 mm, evaporação total do ano igual a 1.034,3 mm e a umidade relativa média anual de 76% (BRASIL,1992). A pluviometria e as temperaturas máximas e mínimas mensais durante o período de condução do experimento registrados em Lavras estão apresentadas respectivamente na figura 2.

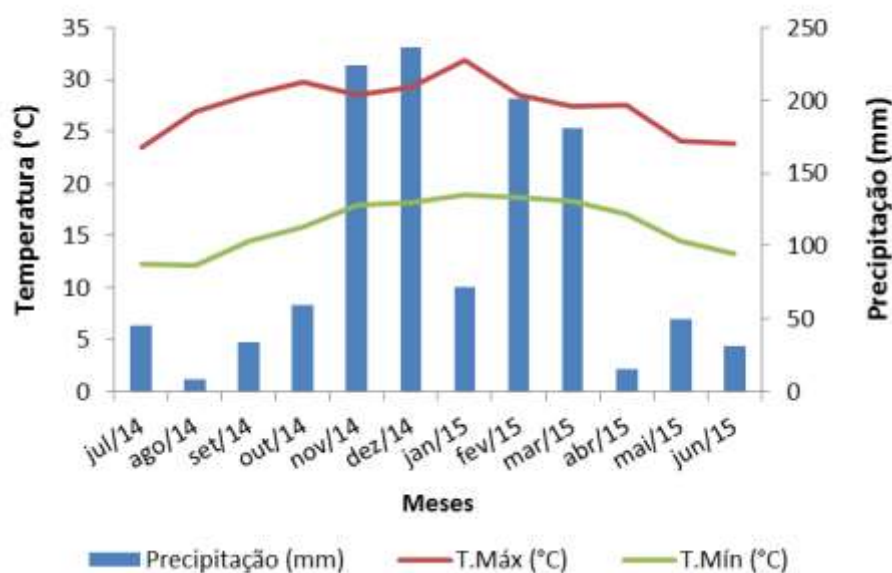


Figura 2 Precipitação, temperatura máxima e mínima de julho de 2014 a junho de 2015 em Lavras, MG. Fonte: Adaptado de INMET (2016).

O solo da área experimental de Lavras é do tipo Latossolo Vermelho Distroférico Típico, cujo resultado das características químicas do solo estão apresentados na tabela 2.

Tabela 2 Características químicas do solo (0 – 20 cm) na área experimental no Centro de Desenvolvimento Científico e Tecnológico em Agropecuária da Universidade Federal de Lavras. Lavras – MG.

pH	P	K	Na	Ca	Mg	Al	H + Al	SB	t	T
(H ₂ O)	-----	mg/dm ³	-----	-----	-----	cmol/dm ³	-----	---	cmolc/dm ³	--
5,9	7,21	118	-	4,7	1,3	0,0	2,9	6,3	6,3	9,2
V	m	M.O	P-Rem	Zn	Fe	Mn	Cu	B	S	
-----%	-----	dag/kg	mg/L	-----	-----	-----	mg/dm ³	-----	-----	
68,51	0,0	2,61	13,33	5,31	-	13,33	0,60	0,33	-	

2.2. Instalação e condução dos experimentos

O experimento conduzido em campo para este estudo foi distribuído em parcelas às quais foram constituídas de quatro fileiras com 5,0 m de comprimento, espaçadas em 0,50 m. Foram utilizadas como área útil as duas fileiras centrais, eliminando-se as linhas das extremidades. O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados completos com três repetições, cujos tratamentos foram dispostos em um esquema fatorial 3 x 6, com 3 cultivares e seis doses de glifosato.

O experimento foi realizado no sistema de semeadura direta. A abertura dos sulcos no solo e a adubação na base com fósforo foram realizadas de forma mecânica e o plantio realizado de forma manual em 15 de novembro de 2014. A inoculação das sementes foi realizada com inoculante líquido sob os sulcos de plantio com *Bradyrhizobium japonicum* na proporção de seis vezes a dose recomendada para o tratamento via sementes (2 ml/kg de semente). A densidade de semeadura foi de 12 plantas por metro linear após o desbaste.

Para o controle de doenças foi realizada aplicações preventivas de fungicidas. Os fungicidas utilizados foram *Piraclostrobina*, na dosagem de

0,5 L.ha-1, *Piraclostrobina* + *Epoxiconazol* na dosagem de 0,5 litros do produto comercial por hectare e *Azoxistrobina* + *Ciproconazol* na dosagem de 300 mL de produto comercial por hectare, com volume de cada de 200 litros por hectare.

Da mesma maneira o controle de pragas foi realizado quando necessário com a utilização de inseticidas reguladores de crescimento – sendo o ingrediente ativo o Teflubenzurom na dosagem de 50 mililitros por hectare do produto comercial aplicado com um volume de cada 200 litros por hectare – e também com inseticidas de contato – a base de *Cipermetrina* e *Clorpirifós* na dosagem de 120 e 250 mililitros por hectare, respectivamente.

A colheita foi realizada manualmente quando as plantas se encontravam entre R7 (maturidade fisiológica) e R8 (maturação plena), (FEHR et al., 1971). Foi efetuada secagem natural (Ao sol), até que as sementes atingissem teor de água próximo a 13% (base úmida). A debulha foi realizada por meio de trilhadora mecânica estacionária de parcelas, com cilindro e côncavo transversais. Para as análises e determinações foram utilizadas sementes retidas nas peneiras de crivo circular 6,5 e 7 mm.

2.3. Tratamentos avaliados

2.3.1. Cultivares

Foram utilizadas três cultivares comerciais e resistentes ao glifosato, cujas estão descritas através de suas principais características fenotípicas na tabela 3:

Tabela 3 Principais características fenotípicas das cultivares de soja utilizadas na condução dos Experimentos em Lavras e Patos de Minas, MG, 2014

Cultivar	Ciclo Médio	Hábito de Crescimento	Resistência a Doenças
CD 250 RR	105	Indeterminado	Cancro da haste, Mancha do olho de rã, Pústula bacteriana
TMG 1174RR	110	Determinado	Cancro da haste, Mancha olho-de-rã, Nematóides de cistos (Raças 1 e 3)
V-MAX RR	120	Indeterminado	Cancro da haste, mancha olho de rã, Nematóides de cistos (Raças 1 e 3)

2.3.2. Doses de herbicida

O herbicida utilizado foi o glifosato, um herbicida sistêmico, de largo espectro, não seletivo, pós-emergente, amplamente utilizado na agricultura onde o controle total da vegetação é requerido. As dosagens aplicadas no campo e suas respectivas quantidades recomendadas de ingredientes ativos estão representadas na tabela 4.

Tabela 4 Doses das caldas e ingrediente ativo do herbicida glifosato.

DOSE	
L/ha	g ia/ha
0	0
2	480
4	960
6	1440
8	1920
10	2400

A aplicação das caldas foi realizada 25 dias após a emergência de plantas com o auxílio de um pulverizador costal mantido com a pressão constante por CO₂ comprimido, equipado com barra com 5 pontas de pulverização tipo leque XR 11002 VS, espaçados de 0,5 m e pressão de

trabalho de 30 lb/pol2.

2.4. Caracteres avaliados em laboratório

O trabalho foi conduzido no Laboratório de Análise de Sementes da Universidade Federal de Lavras. As amostras utilizadas para a realização dos testes de qualidade fisiológica de sementes, descritos abaixo, foram produzidas nos municípios de Patos de Minas e Lavras, sendo selecionadas através de peneiras com crivo 6,5 e 7 mm. O delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado com duas repetições por amostra, cujos tratamentos foram dispostos em um esquema fatorial 3 x 6, com 3 cultivares e seis doses de glifosato.

a) Germinação

O substrato para semeadura foi o papel do tipo “Germitest”, na forma de rolo, umedecido com água em 2,5 vezes o peso do papel seco. Em seguida as sementes foram levadas ao germinador regulado a 25 °C. As avaliações foram realizadas conforme descritas nas Regras para Análise de Sementes (Brasil, 2009), aos 5 dias após a semeadura. Foram utilizadas 4 repetições de 50 sementes por repetição no campo (3 blocos), analisando-se 600 sementes por tratamento, sendo os resultados expressos em porcentagem de plântulas normais.

b) Envelhecimento acelerado

Foram utilizadas caixas plásticas tipo gerbox, adaptadas com tela de alumínio suspensa. Em cada gerbox foram adicionados 40 mL de água e uma camada única de sementes sobre toda a tela. Em seguida foram mantidos em câmara tipo BOD a 41 °C por 48 horas (MARCOS FILHO, 1999). Após este período, as sementes foram submetidas ao teste de germinação, conforme descrição anterior, com 4 repetições de 50 sementes por bloco no campo e a contagem realizada aos 5 dias após a semeadura. Os

resultados foram expressos em porcentagem de plântulas normais, avaliadas conforme BRASIL (2009).

c) Emergência sob condições controladas

A semeadura foi realizada em bandejas plásticas contendo com substrato solo + areia na proporção 2:1, umedecido a 60% da capacidade de retenção. Foram realizadas quatro repetições de 50 sementes por repetição no campo. Após a semeadura, as bandejas foram mantidas em câmara de crescimento vegetal à temperatura de 25 °C, em regime alternado de luz e escuro (12 horas), com irrigações subsequentes uniformes de acordo com a necessidade. A partir da emergência da primeira plântula (cotilédone totalmente fora do substrato) foram realizadas avaliações diárias, computando-se o número de plântulas emergidas até a estabilização, com contagem final aos 14 dias após a semeadura. Foi considerada a porcentagem final de emergência (%E) e o índice de velocidade de emergência (IVE), determinado pela fórmula proposta por Maguire (1962).

d) Condutividade elétrica

Foram utilizadas 50 sementes por repetição, sendo quatro repetições para cada bloco no campo, as quais foram pesadas (g) e em seguida colocadas em copos plásticos descartáveis com 75 mL de água deionizada. Após 24 horas de embebição a uma temperatura de 25 °C, mantida em câmara tipo BOD, a condutividade elétrica foi determinada com auxílio de um condutímetro Digimed CD-21. Os resultados foram expressos em $\mu\text{S cm}^{-1} \text{ g}^{-1}$, de acordo com metodologia descrita por Vieira (1999).

e) Teor de água

Foi determinado pelo método da estufa a $105 \pm 3^\circ\text{C}$, durante 24 horas, utilizando duas sub-amostras de 50g cada tratamento, segundo Brasil (1992).

f) Teste de Tetrazólio

No teste de Tetrazólio foram avaliadas 200 sementes (4 sub-amostras de 50 sementes) para cada bloco no campo. No pré-umedecimento, as sementes foram colocadas entre papel úmido por 16 h a 25 °C. Foi utilizada a solução de tetrazólio (Cloreto 2, 3, 5 trifenil tetrazólio) a 0,075%, na qual as sementes permaneceram por 3 h a 40 °C, na ausência de luz. Ao final do período de coloração, a solução foi descartada e as sementes foram lavadas em água corrente e mantidas imersas até o final da avaliação para evitar ressecamento. O resultado foi expresso pela porcentagem de viabilidade (potencial de germinação, somatório dos valores classificados nos níveis 1 a 5), vigor (somatório dos níveis 1 a 3) e danos mecânicos (verificados nos níveis 1 a 8), conforme metodologia proposta por França Neto, Krzyzanowski e Costa (1998).

g) Avaliação Enzimática

Para análise enzimática foi utilizada uma amostra de 50 sementes para cada repetição do campo e destas retiradas as duplicatas para os géis. Posteriormente as sementes foram moídas em moinho refrigerado adicionando-se nitrogênio líquido e antioxidante polivinilpirrolidona (PVP) e em seguida foram armazenadas à temperatura de - 86 °C.

Para a extração das enzimas foram utilizados 100 mg da amostra de sementes moídas. Antes da extração, procedeu-se a lavagem das amostras para retirada do óleo. Para isto, utilizou-se 600 µL da solução com 50% éter etílico + 50% água, com homogeneização e vortex e repouso por 30 minutos em gelo, o homogeneizado foi centrifugado a 14000 rpm por 30 min a 4 °C, descartando-se o sobrenadante.

Em seguida foram adicionados 300 µl do tampão de extração (ADH, EST, ICL, MDH e SOD: Tris HCl 0,2M pH 8,0; CAT: Tris PH 8,9) e 0,1% de β mercaptoetanol. O material foi colocado em geladeira por 12 h e, depois centrifugado a 14000 rpm por 30 min a 4 °C. Foram aplicados 60 µL do sobrenadante no gel de corrida, sistema descontínuo, gel separador

poliacrilamida 7,5% e gel concentrador poliacrilamida 4,5%. O sistema tampão gel/eletrodo utilizado foi tris-glicina pH 8,9. As corridas foram efetuadas a 110 V, por 5 horas, a 4 °C. Após a eletroforese os géis foram revelados para as enzimas isocitrato liase (ICL), protocolo ainda não publicado, esterase (EST), álcool desidrogenase (ADH), malato desidrogenase (MDH), superóxido dismutase (SOD) e catalase (CAT) (ALFENAS et al., 2006). A avaliação dos perfis eletroforéticos foi realizada com base na presença, ausência e intensidade de bandas.

2.5. Análises estatísticas dos dados fenotípicos

A análise conjunta envolvendo os dois locais foi realizada utilizando modelo estatístico:

$$y_{ikl} = m + c_i + d_k + a_l + (cd)_{ik} + (ca)_{il} + (da)_{kl} + (cda)_{ikl} + e_{ik(l)}$$

em que:

y_{ikl} : é o valor observado relativo a parcela que recebeu o tratamento i na dose k no local l .

m : é a média geral;

c_i : é o efeito da cultivar i , ($i = 1, 2, 3$);

d_k : é o efeito da dose k ($k = 1, 2, \dots, 6$);

a_l : é o efeito do local l ($l = 1$ e 2);

$(cd)_{ik}$: é o efeito da interação cultivares e doses;

$(ca)_{il}$: é o efeito da interação cultivares e local;

$(da)_{kl}$: é o efeito da interação doses e local;

$(cda)_{ikl}$: é o efeito da interação cultivares, doses e local;

$e_{ik(l)}$: é o erro experimental ($e_{ik(l)} \sim n(0 \text{ e } \sigma^2)$).

As médias foram comparadas pelo teste de Scott e Knott (1974) a 5% de probabilidade. A análise estatística foi realizada com o auxílio do pacote estatístico SISVAR (FERREIRA, 2011).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1. Qualidade Fisiológica de Sementes

O coeficiente de variação (CV) indica o grau de precisão do experimento. Com base no CV obtido para a análise conjunta, observa-se que os caracteres avaliados apresentaram precisão considerada de alta a boa, exceto para o teste de envelhecimento acelerado (Tabela 5).

A fonte de variação cultivares apresentou diferença significativa para os parâmetros avaliados, mas não para todos. Este fato era esperado, pois as cultivares tem características diferentes de ciclo e hábito de crescimento, propiciando, portanto, a existência de variação. Vários relatos na literatura evidenciam que o genótipo influencia na qualidade fisiológica das sementes de soja (KRUEGER et al., 2013). Diferentemente para o fator de variação (FV) doses, a ausência de resposta significativa observada nos indica que estas não influenciaram na qualidade fisiológica das sementes. Alguns trabalhos encontrados na literatura colaboram com os resultados do presente trabalho, como o de Norsworthy (2004), que atestam a ausência de efeitos negativos do glyphosate sobre a produtividade e germinação das sementes, quando aplicado de forma sequencial. Por sua vez, Albrecht et al. (2008a) identificaram prejuízos na qualidade fisiológica das sementes de soja em aplicações sequenciais.

Um dos objetivos principais do trabalho foi identificar o efeito de altas doses de glifosato na qualidade fisiológica de sementes de soja. Portanto, deve-se destacar que não houve diferença significativa para nenhum dos parâmetros avaliados. Por sua vez, Reddy et al (2004); Gordon, (2007); Huber, (2007); Zobiolo et al (2009); Zobiolo et al (2010a); Zobiolo et al (2010b) propõem que os efeitos negativos caracterizados pela qualidade fisiológica são provavelmente relacionados ao potencial de dano do glifosato. Trabalhos de pesquisa propostos por Albrecht e Ávila (2010) também salientaram influências perceptíveis na qualidade das sementes de soja após a aplicação do herbicida glifosato em pós emergência.

Tabela 5 Resumo da análise de variância conjunta para teor de água (Tag), condutividade elétrica (Cde), germinação em areia (Gma), emergência (Emg), índice de velocidade de emergência (Ive), germinação (Germ), envelhecimento acelerado (Eva), tetrazólio/vigor (Vig) e tetrazólio/viabilidade (Viab), referentes à análise conjunta, para as cultivares avaliadas, Lavras-MG 2016.

FV	GL	QM								
		Tag	Cde	Gma	Emg	Ive	Germ	Eva	Vig	Viab
Cultivares (C)	2	1,40 ^{ns}	3197,40 ^{**}	75,59 ^{ns}	235,81 ^{**}	3538,26 ^{**}	31,86 ^{ns}	5939,06 ^{**}	32,44 ^{ns}	17,69 ^{ns}
Dose (D)	5	0,19 ^{ns}	146,15 ^{ns}	5,81 ^{ns}	14,88 ^{ns}	117,57 ^{ns}	43,43 ^{ns}	161,63 ^{ns}	23,06 ^{ns}	6,28 ^{ns}
Local (L)	1	0,40 ^{ns}	1159,85 ^{**}	456,33 ^{**}	1134,26 ^{**}	39777,55 ^{**}	163,78 [*]	98,23 ^{ns}	102,08 ^{**}	131,12 ^{**}
C x D	10	0,39 ^{ns}	147,84 ^{ns}	43,59 ^{ns}	79,64 ^{ns}	265,31 ^{ns}	25,92 ^{ns}	116,57 ^{ns}	14,86 ^{ns}	6,16 ^{ns}
C x L	2	0,13 ^{ns}	164,05 ^{ns}	278,77 ^{**}	138,03 [*]	209,92 ^{ns}	39,06 ^{ns}	355,62 ^{ns}	43,11 ^{ns}	8,23 ^{ns}
D x L	5	0,12 ^{ns}	161,61 ^{ns}	48,78 ^{ns}	41,90 ^{ns}	175,08 ^{ns}	43,18 ^{ns}	208,34 ^{ns}	28,12 ^{ns}	11,81 ^{ns}
C x D x L	10	0,61 ^{ns}	175,19 ^{ns}	34,96 ^{ns}	49,41 ^{ns}	97,46 ^{ns}	59,10 ^{ns}	85,43 ^{ns}	6,25 ^{ns}	2,59 ^{ns}
Erro	72	1,01	150,69	53,15	40,74	144,94	35,17	182,68	18,58	10,19
Média Geral		9,07	47,38	78,87	87,24	87,99	73,31	49,95	78,92	82,19
CV (%)		11,10	25,91	9,24	7,32	13,68	8,09	27,06	5,46	3,88

** Significativo a 1%, * Significativo a 5%, e ^(ns) não significativo de acordo com o teste F.

Albrecht et al. (2012a,b) observaram que altas dosagens do herbicida do glifosato provocaram decréscimo nos níveis de germinação e vigor. Reduções nas percentagens na germinação e vigor também foram encontradas nos trabalhos desenvolvidos por Albrecht e Ávila (2010), diferentemente dos resultados apresentados neste trabalho. Os valores percentuais ideais de viabilidade e vigor, avaliada pelo teste de germinação, observados neste trabalho, podem ser supostamente atribuídos também às condições climáticas favoráveis das regiões as quais foram instalados os experimentos de campo.

Houve efeito significativo do local de produção na qualidade fisiológica das sementes (Tabela 5) para a maioria dos caracteres avaliados, exceto teor de água (Tag) e envelhecimento acelerado (Eva). Efetivamente isso ocorreu, pois os dois ambientes eram distintos no que se referem às características de altitude, latitude e longitude, sendo estes fatores também considerados essenciais para a produção de sementes. O efeito do ambiente na expressão da qualidade fisiológica é frequentemente destacado na literatura (SCHNEBLY; FEHR, 1993; KRUEGER et al., 2013), e corrobora com os relatos evidenciados no presente trabalho.

No presente estudo também se detectou interação significativa entre C x L, evidenciando assim que as cultivares apresentaram desempenho não consistente (Tabela 6). Estes resultados confirmam os relatos apresentados por Ávila et al. (2003); Lima et al. (2008) e Gomes et al. (2012). Interações significativas entre C x L, têm sido frequentemente relatadas na literatura para a qualidade fisiológica de sementes (LIMA et al., 2008; PÁDUA et al., 2010; KRUEGER et al., 2013).

Os fatores climáticos observados durante a condução do experimento nos dois locais também confirmam as respostas significativas dos ambientes para alguns caracteres avaliados, para o FV interação cultivares x locais. No período de condução dos experimentos ficaram evidentes que no município de Lavras foi observado maiores índices pluviométricos nos meses de novembro e dezembro, enquanto que em Patos

de Minas o maior acúmulo de precipitação foi detectado em janeiro e fevereiro. Este fato pode estar relacionado com os baixos índices de germinação encontrados para os dois ambientes de estudo.

Tabela 6 Desdobramento da interação cultivares x locais para os caracteres Germinação em areia (Gma) e Emergência (Emg), referentes à análise conjunta, Lavras – MG, 2016.

Cultivares	Gma		Emg	
	Lav	Ptm	Lav	Ptm
CD 250 RR	73,11 b	81,33 a	79,55 c	90,33 a
TMG 1174 RR	76,78 b	83,11 a	84,00 b	89,56 a
V-MAX RR	80,56 a	78,33 a	88,44 a	91,56 a

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

As médias referentes à fonte de variação cultivares, da análise conjunta, envolvendo todos os teste de qualidade fisiológica, estão demonstradas na tabela 6. Como pode ser observado, a cultivar V-MAX RR apresentou melhor desempenho em se tratando dos caracteres emergência e índice de velocidade de emergência. Já a cultivar TMG 1174 RR demonstrou uma melhor resposta significativa quanto aos parâmetros condutividade elétrica e envelhecimento acelerado. A cultivar CD 250 RR, para todas variáveis analisadas e que manifestaram diferença significativa, foi a que apresentou um desempenho inferior quanto aos atributos fisiológicos das sementes.

Quanto aos caracteres que não obtiveram respostas significativas, vale destacar a germinação. Nota-se que todas as cultivares avaliadas expressaram porcentagem de germinação abaixo de 80%, a qual é a exigida para a comercialização de sementes no Brasil (CARRARO; PESKE, 2005). Sementes com germinação média ou baixa resultam em plântulas fracas com pouca ou nenhuma possibilidade de se estabelecerem competitivamente no campo (França Neto; Krzyzanowski; Henning, 2010), ao contrário do que é proposto quando se tem sementes com altas taxas de germinação, o qual é

um aspecto fundamental que contribui para que sejam alcançados níveis altos de produtividade (KRZYZANOWSKI, 2004).

Quanto à porcentagem de emergência, estas apresentaram estimativas maiores que a do parâmetro germinação. A cultivar V-MAX RR alcançou melhor índice de emergência (90%) quando comparado às outras cultivares. Segundo relatos da literatura, o fato da porcentagem de emergência ser superior ao teste de germinação pode ser explicado pelo mecanismo de escape ao qual a plântula ao emergir libera o tegumento infectado ao solo enquanto no teste de germinação em laboratório sob o rolo de papel o tegumento permanece associado aos cotilédones e os fungos associados causam a deterioração das sementes (HENNING; FRANÇA NETO, 1980; BIZZETTO; HOMECHIN, 1997)..

O índice de velocidade de emergência também oscilou entre as cultivares, como era esperado, a partir dos resultados para o teste de emergência. Dan et al., (2010) associa índice de velocidade de emergência (IVE) com vigor de sementes, pois quanto maior IVE, melhor será desempenho e velocidade de emergência no campo de cultivo, tolerando a fatores abióticos que podem influenciar durante a emergência. As altas taxas de IVE também influenciam em um fechamento de entrelinhas mais rápido e homogêneo alcançando assim melhores resultados no controle de plantas daninhas (FRANÇA NETO; KRZYZANOWSKI; HENNING, 2010).

Como pode ser observado na tabela 7, no teste de envelhecimento acelerado (EVA) foram identificadas respostas significativas quanto à sensibilidade a condições de alta umidade relativa do ar e temperatura.

Tabela 7 Média dos caracteres teor de água (Tag), condutividade elétrica (Cde), germinação em areia (Gma), emergência (Emg), índice de velocidade de emergência (Ive), germinação (Germ), envelhecimento acelerado (Eva), tetrazólio/vigor (Vig) e tetrazólio/viabilidade (Viab), referentes à análise conjunta, para as cultivares avaliadas, Lavras – MG, 2016.

Cultivares	Tag	Cde	Gma	Emg	Ive	Germ	Eva	Vig	Viab
CD 250 RR	9,04 a	46,62 b	77,22 a	84,94 b	86,69 b	73,61 a	44,00 b	78,03 a	81,42 a
TMG 1174 RR	8,88 a	57,16 a	79,44 a	86,78 b	78,79 c	74,06 a	64,69 a	79,92 a	82,77 a
V – MAX RR	9,27 a	38,36 c	79,94 a	90,00 a	98,49 a	72,25 a	41,17 b	78,81 a	82,39 a

Médias seguidas pela mesma letra pertencem ao mesmo grupo pelo teste de Scott & Knott (1974) ao nível de 5% de probabilidade.

A cultivar TMG 1174 RR demonstrou resultados mais expressivos quanto à realização do teste. Como foi dito anteriormente, a avaliação de EVA propõe a uma simulação cultivar em questão a fatores ambientais adversos às quais podem influenciar diretamente a deterioração de sementes (MARCOS FILHO, 1999; TORRES; MARCOS FILHO, 2001). Portanto, neste caso, as cultivares CD 250 RR e V-MAX RR foram consideradas menos vigorosas em relação a cultivar TMG 1174 RR, estabelecendo a partir daí diferenças no potencial fisiológico.

Quanto a variável condutividade elétrica, foi constatado efeito significativo entre as cultivares analisadas. A cultivar TMG 1174 RR obteve valores superiores às demais, mesmo sendo ainda abaixo do que é recomendado por Vieira e Krzyzanowski (1999), no qual indica que para lotes de sementes de soja com alto vigor, os valores ideais para condutividade elétrica seriam até $70-80 \mu\text{S cm}^{-1} \text{g}^{-1}$. Tal resposta diferencial, possivelmente, pode ser explicada pela diferente capacidade dos genes inseridos nas cultivares RR em expressar tolerância ao herbicida glifosato, que segundo Lacerda e Matallo (2008) podem ou não ocorrer de forma homogênea entre cultivares e, até mesmo, dentro da mesma cultivar, além de outros fatores inerentes a genética de cada cultivar.

É importante ressaltar que a degradação das membranas celulares se constitui, hipoteticamente, no primeiro evento do processo de deterioração (Delouche e Baskin, 1973), testes como o de condutividade elétrica que avaliam a integridade das membranas são, teoricamente, mais sensíveis para estimar o vigor das sementes, o que possivelmente, aliado as afirmativas de Lacerda e Matallo (2008), explicariam as alterações nos valores de condutividade.

O teste de tetrazólio é bastante utilizado para sementes de soja, devido a sua precisão em conseguir um grande número de informações sobre a qualidade fisiológica do material analisado. Essa avaliação também nos fornece os tipos de danos que podem ter provocado à redução da qualidade das sementes. Com isso, podem ser observados, através da figura 3, que a

cultivar V-MAX RR foi a que apresentou maior porcentagem de danos mecânicos e por umidade (14,64% e 5,56 respectivamente). A cultivar que expressou maiores índices de danos por percevejo foi a CD 250 RR (13,69%). Gomes et al., (2012) também identificaram que os danos mecânico e por umidade são os que mais afetaram o níveis de vigore viabilidade de sementes de soja. No geral, a cultivar V-MAX RR apresentou 31,31% de danos totais, superando as demais cultivares nesse quesito.

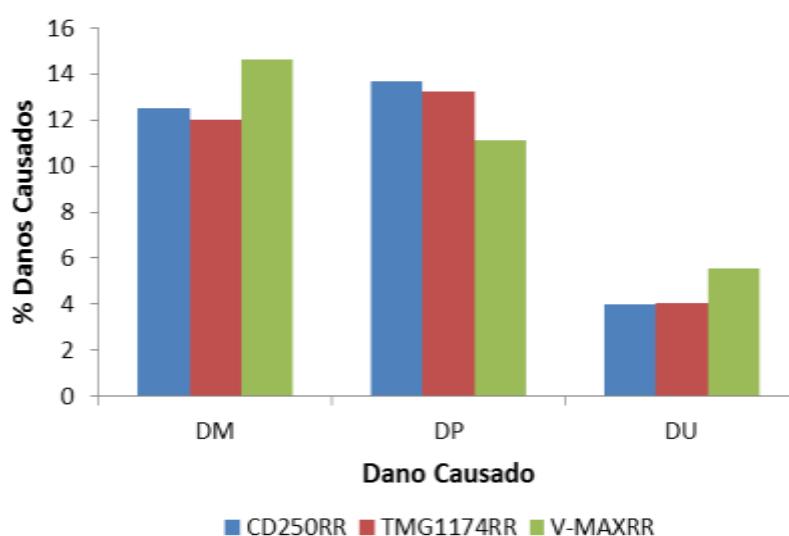


Figura 3 Tipos e porcentagem de danos causados as diferentes cultivares observadas no teste de tetrazólio. Lavras – MG, 2016.

A ausência de resposta significativa para os tratamentos com pulverização do herbicida glifosato indica que os mesmos não influenciaram a qualidade fisiológica das sementes de soja. Conforme trabalhos de Cole & Cerdeira (1982), isso pode ser explicado pelo bloqueio que a rota do chiquimato promove, levando ao acúmulo de ácido chiquímico com muitas implicações fisiológicas. De acordo com Duke e Hoagland (1985) e Becerril et al. (1989), podem afetar a fotossíntese, a respiração e a qualidade da sementes.

3.2. Atividade Enzimática de Sementes

Com relação à atividade da esterase (EST), não foram verificadas diferenças de sua expressão nas sementes submetidas aos diferentes tratamentos para os dois ambientes avaliados (Figura 4). A EST está envolvida no desdobramento de lipídeos, durante o processo de germinação das sementes. Esse processo é relevante para a retomada do crescimento do eixo embrionário, principalmente em sementes ricas em lipídeos, como é o caso da soja (VEIGA et al., 2010). Entre as cultivares, maior expressão desta enzima foi observada em sementes da cultivar V-MAX R, ou seja, a diferença detectada entre a testemunha e as demais doses de glifosato foi maior, mas não consistente.

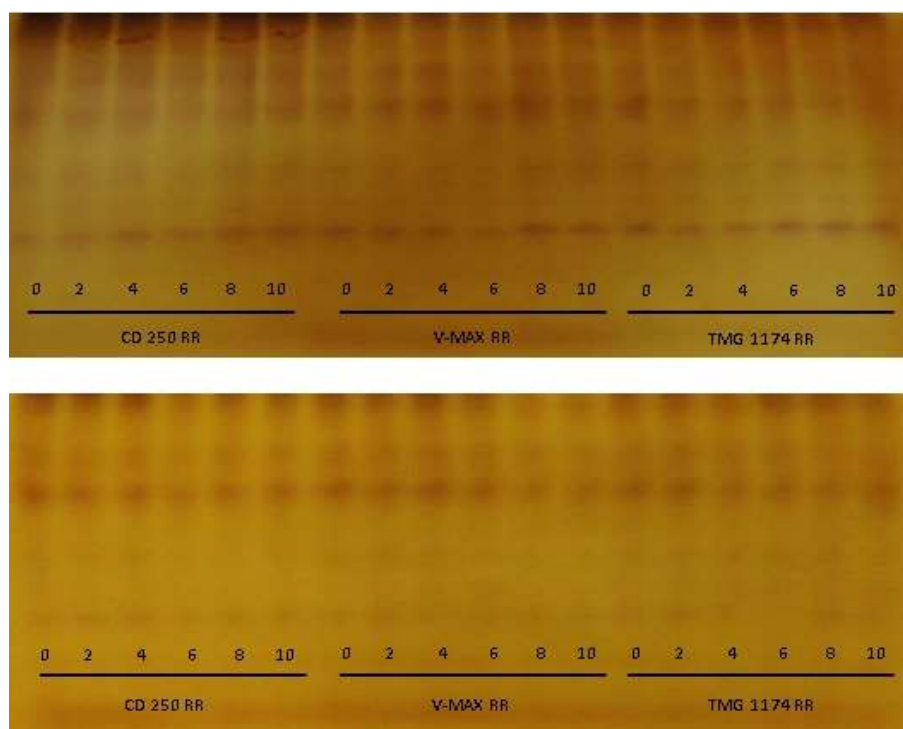


Figura 4 Padrões enzimáticos de sementes transgênicas de soja das cultivares CD 250 RR, V-MAX RR e TMG 1174 RR produzidas nos municípios de Lavras e Patos de Minas respectivamente, sob diferentes doses de aplicação de glifosato, revelados para esterase (EST), sendo 0, 2, 4, 6, 8 e 10 os volumes em l/ha do herbicida.

Para a enzima malato desidrogenase (MDH), foi observada pequena diferença significativa entre as doses para a cultivar CD 250 RR, especificamente para o município de Lavras (Figura 5). Para as demais cultivares e suas respectivas doses para os dois ambientes não foram detectadas respostas significativas na expressão na enzima em questão.

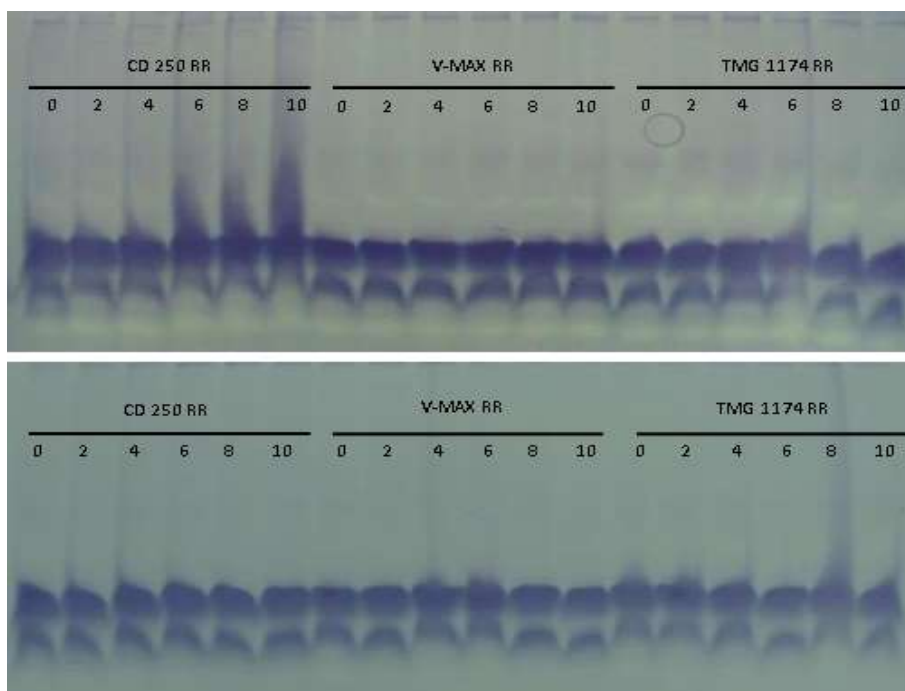


Figura 5 Padrões enzimáticos de sementes transgênicas de soja das cultivares CD 250 RR, V-MAX RR e TMG 1174 RR produzidas nos municípios de Lavras e Patos de Minas respectivamente, sob diferentes doses de aplicação de glifosato, revelados para malato desidrogenase (MDH) sendo 0, 2, 4, 6, 8 e 10 os volumes em l/ha do herbicida.

Sabe-se que a enzima MDH tem sido associada com a biossíntese de oxalacetato (OAA), pela interconversão do malato para oxalacetato, durante o ciclo dos ácidos tricarbóxicos (Ciclo de Krebs) em plantas (WEEDEN; WENDEL, 1990). Assim, essa enzima assume uma função importante em uma ampla variedade de reações biossintéticas, tais como síntese de aminoácidos e intercâmbio de metabólitos entre o citoplasma e as organelas (LIN et al.,2003).

Sobre a avaliação da enzima álcool desidrogenase (ADH), foi verificado que houve um incremento em sua expressão pela cultivar CD 250 RR nos dois locais onde se instalou o experimento (Figura 6). Também de acordo com o zimograma, foi observada uma maior atividade enzimática da cultivar anteriormente citada em relação as doses de 2 e 10 l/há (480 e 2400 g.ia .há⁻¹).

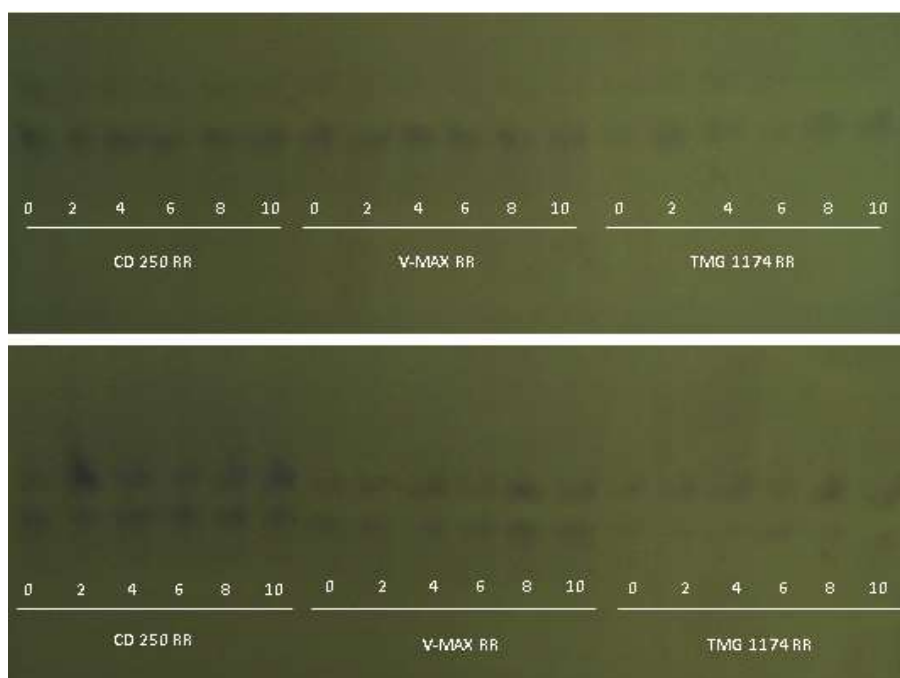


Figura 6 Padrões enzimáticos de sementes transgênicas de soja das cultivares CD 250 RR, V-MAX RR e TMG 1174 RR produzidas nos municípios de Lavras e Patos de Minas respectivamente, sob diferentes doses de aplicação de glifosato, revelados para álcool desidrogenase (ADH), sendo 0, 2, 4, 6, 8 e 10 os volumes em l/ha do herbicida.

Essa enzima apresenta como principal função reduzir acetaldeído a etanol no metabolismo anaeróbico e quando a atividade desta enzima diminui, a semente apresenta uma tendência a ficar mais susceptível à ação deletéria do acetaldeído (ZHANG et al., 1994), composto este que é mais tóxico para as células que o etanol formado na presença da enzima ADH.

Para o sistema enzimático superóxido dismutase (SOD), foram verificadas pequenas diferenças na expressão das enzimas para as doses de glifosato, dentro de cada cultivar, no município de Lavras (Figura 7). Como foi constatado, o incremento das doses de glifosato aumentava os níveis de toxidez nas folhas nas primeiras avaliações visuais, podendo relacionar a maior atividade desta enzima a este fato, visto que esta atua na conversão de radicais livres de O_2^- a H_2O_2 e O_2 (MAGALHÃES, 2002).

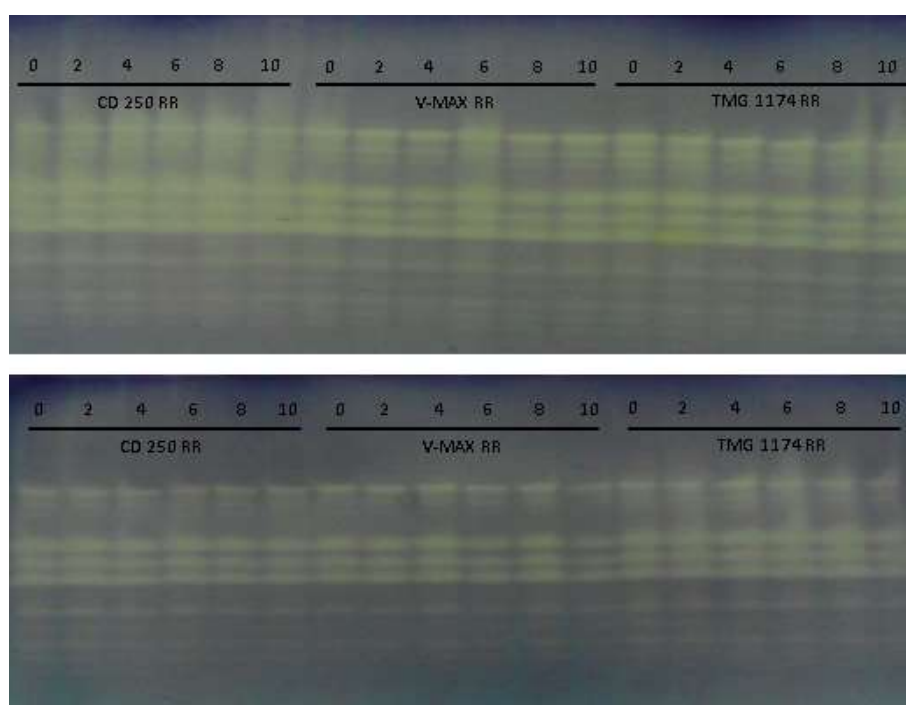


Figura 7 Padrões enzimáticos de sementes transgênicas de soja das cultivares CD 250 RR, V-MAX RR e TMG 1174 RR produzidas nos municípios de Lavras e Patos de Minas respectivamente, sob diferentes doses de aplicação de glifosato, revelados para superóxido dismutase (SOD), sendo 0, 2, 4, 6, 8 e 10 os volumes em l/ha do herbicida.

A atuação deste sistema enzimático é capaz de remover, neutralizar ou limpar os radicais livres do interior das células. Algumas enzimas podem neutralizar a ação dos radicais livres, antes que os danos possam ocorrer (NKANG; OMOKARO; EGBE, 2000).

A isocitrato liase (ICL) participa do ciclo do glioxilato, nos glioxissomos, envolvida no metabolismo de lipídeos armazenados nas sementes oleaginosas, como é o caso da soja. A atividade desta enzima aumenta durante a germinação das sementes, obtendo-se valores máximos quando ocorre o pico de lipídeos degradados, que são convertidos em sacarose (BEWLEY; BLACK, 1994).

Para isto, no presente trabalho, foram constatadas diferenças nos perfis de ICL para os dois ambientes (Figura 8). No município de Lavras, a cultivar V-MAX RR apresentou incremento maior na expressão da enzima, mas não variando entre as doses de glifosato. A cultivar TMG 1174 RR também apresentou diferenças na expressão enzimática sendo observado maiores atividades nos tratamentos com 8 e 10 l/há (1920 e 2400 g.ia .ha⁻¹).

Para o município de Patos de Minas, a exemplo do que foi demonstrado para Lavras, apenas uma cultivar obteve respostas mais significativas quanto à atividade enzimática, que foi a CD 250 RR, ocorrendo também um resultado não consistente para as doses. O resultado mais perceptível para esta cultivar foi constatado para as doses 6 e 8 l/há (1440 e 1920 g.ia há⁻¹).

Há relatos na literatura que corroboram com os resultados obtidos por este trabalho na qual ocorre atividade enzimática em sementes de soja sob condições de estresse e com melhor qualidade fisiológica (MARTINS et al., 2000; CARVALHO, 2013).

Pode-se determinar a atividade da isocitrato-liase, em cotilédones, durante a germinação de sementes de soja previamente submetidas a condições de estresse abióticos. Este fato mostra que ocorreu consumo de lipídios durante o processo germinativo. Além disso, mostra que a enzima é estável em sementes de soja, participando do ciclo do glioxilato e auxiliando o processo de germinação das sementes, através do aumento da atividade enzimática.

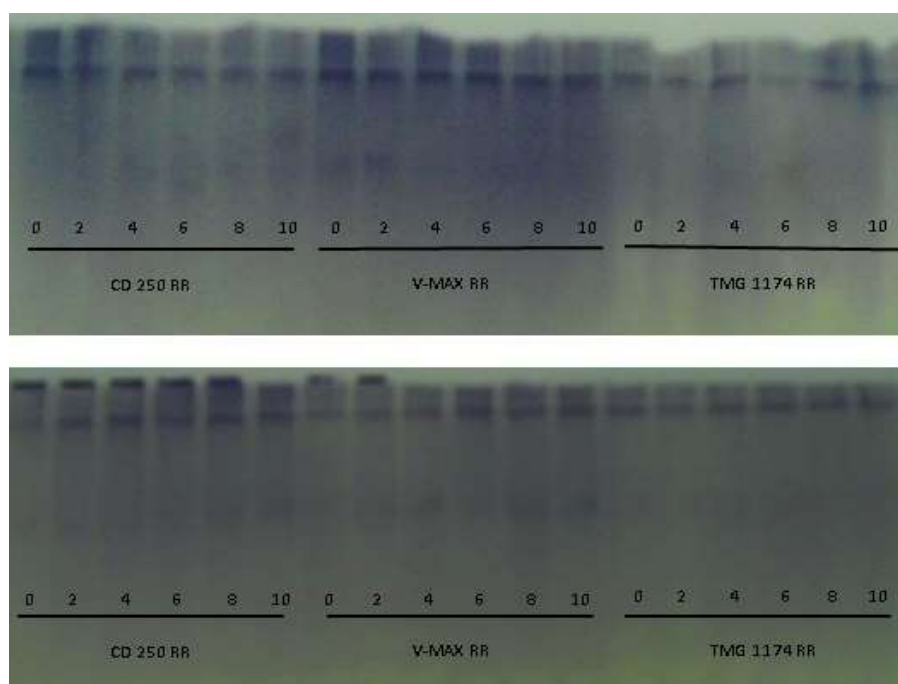


Figura 8 Padrões enzimáticos de sementes transgênicas de soja das cultivares CD 250 RR, V-MAX RR e TMG 1174 RR produzidas nos municípios de Lavras e Patos de Minas respectivamente, sob diferentes doses de aplicação de glifosato, revelados para isocitrato liase (ICL), sendo 0, 2, 4, 6, 8 e 10 os volumes em l/há do herbicida.

Em relação à expressão da enzima catalase (CAT), foi constatado que para as sementes colhidas no município de Lavras apresentaram maior atividade enzimática, enfatizando que a cultivar TMG 1174 RR apresentou uma resposta mais consistente quanto sua qualidade fisiológica nos diferentes tratamentos (Figura 9). Para o município de Patos de Minas, essa mesma cultivar também apresentou um desempenho enzimático com maior expressão, mas em menor intensidade comparado com Lavras.

A catalase é uma enzima intracelular, encontrada nos glioxissomos das células vegetais. Ela atua na desintoxicação celular, transformando espécies reativas de oxigênio em substâncias não reativas e na decomposição do peróxido de hidrogênio por reação de dismutação (LEHNINGER, 2006).

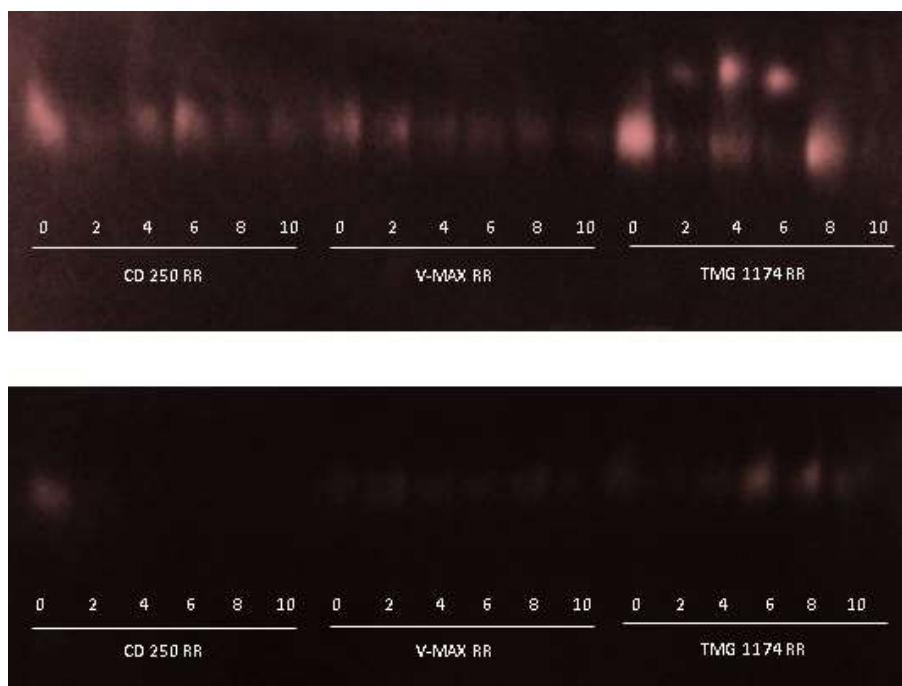


Figura 9 Padrões enzimáticos de sementes transgênicas de soja das cultivares CD 250 RR, V-MAX RR e TMG 1174 RR produzidas nos municípios de Lavras e Patos de Minas respectivamente, sob diferentes doses de aplicação de glifosato, revelados para catalase (CAT), sendo 0, 2, 4, 6, 8 e 10 os volumes em l/ha do herbicida.

Em sementes deterioradas, tem sido observada menor atividade dessa enzima com menor eficiência dos sistemas removedores de radicais livres. Segundo Jeng e Sung (1994), quando a semente está em condições de envelhecimento, ocorre maior peroxidação dos lipídios e redução na atividade das enzimas removedoras de peróxidos como a CAT.

4. CONCLUSÕES

As aplicações de altas doses de glifosato não influenciaram na qualidade fisiológica de sementes de soja.

As cultivares apresentaram respostas distintas, quanto à qualidade fisiológica de sementes, para os parâmetros condutividade elétrica, porcentagem de emergência, índice de velocidade de emergência e envelhecimento acelerado.

A maior ou menor expressão de enzimas está associada à qualidade fisiológica das sementes de distintos genótipos de soja juntamente com os caracteres ambientais.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBRECHT, L.P.; ALONSO, D.G.; CONSTANTIN, J.; OLIVEIRA JR, R.S.; BRACCINI, A.L.; BARBOSA, M.C.; ALBRECHT, A.J.P.; BIFFE, D.F. Qualidade fisiológica e sanitária das sementes de soja RR em resposta ao uso do glyphosate; em misturas ou isolados; aplicados sequencialmente. In: XVIII Congresso de la Asociación Latinoamericana de Malezas; e XXVI Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas, 2008, Ouro Preto. **Anais...**, 2008a

ALBRECHT, L.P.; ÁVILA, M.R. Manejo de glyphosate em soja RR e a qualidade das sementes. **Informativo Abrates**, v.20, n.2, p.45-54, 2010.

ALBRECHT, L.P.; ALONSO, D.G.; ALBRECHT, A.J.P.; OLIVEIRA JR., R.S.; BRACCINI, A.L.; CONSTANTIN, J. Glyphosate e associações em pós-emergência no desempenho agrônômico e na qualidade das sementes de soja RR. **Planta Daninha**, Viçosa, MG, v. 30, p. 139-146, 2012a.

ALBRECHT, L.P.; BARBOSA, A.P.; SILVA, A.F.M.; MENDES, M.A.; ALBRECHT, A.J.P.; ÁVILA, M.R. RR Soybean seed quality after application of glyphosate in different stages of development. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 34, n.3, p. 373-381, 2012b.

ALFENAS, A. C. (Ed.). **Eletroforese e marcadores bioquímicos em plantas emicrorganismos**. 2. ed. Viçosa, MG: UFV, 2006. 627 p.

ÁVILA, M.R.et al. Sowing seasons and quality of soybean seeds. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.60, p. 245-252, 2003.

BECERRIL, J.M.; DUKE, S.O.; LYDON, J. Glyphosate effects on shikimate pathway products in leaves and flowers of velvetleaf. **Phytochemistry**, Oxford, v.28, n.4, p.695-699, 1989.

BEWLEY, J. D.; BLACK, M. **Seeds: physiology of development and germination**. New York: Plenum, 1994. 445 p.

BIZZETTO, A.; HOMECHIN, M. Efeito do período e da temperatura de armazenamento na qualidade fisiológica e sanitária de sementes de soja com altos índices de *Phomopsis sojae* (Leh.). **Revista Brasileira de Sementes**, Brasília, v. 19, n. 2, p. 296-303, 1997.

BRASIL. Ministério da Agricultura e da Reforma Agrária. Departamento Nacional de Meteorologia. **Normais climatológicas: 1961-1990**. Brasília, 1992. 84 p.

BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 395 p.

CARRARO, I. M.; PESKE, S. T. Uso de sementes de soja no Estado do Paraná. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 27, n. 2, p. 75-80, 2005.

CARVALHO, E. R. **Manganês via foliar em soja convencional e transgênica RR: efeitos na qualidade de sementes, atividade enzimática, lignina e produtividade**. 2013. 134 p. Tese (Doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2013.

COLE, A.W.; CERDEIRA, A.L. Southernpea response to glyphosate desiccation. **HortScience**, Alexandria, v.17, n.2, p.244-246, 1982.

DAN, L. G. M. et al. Qualidade fisiológica de sementes de soja tratadas com inseticidas sob efeito do armazenamento. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 32, n. 2, p. 131-139, 2010.

DANTAS, A. A. A.; CARVALHO, L. G.; FERREIRA, E. Classificação e tendências climáticas em Lavras, MG. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 31, n. 6, p. 1862-1866, nov 2007.

DELOUCHE, J.C.; BASKIN, C.C. Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. **Seed Science and Technology**, Zurich, v.1, n.2, p.427-452, 1973.

DUKE, S. O.; HOAGLAND, R. E. Effects of glyphosate on metabolism of phenolic compounds. In: GROSSBARD, E.; ATKINSON, D. (Ed.). The herbicide glyphosate. London: **Butterworth**, 1985. p. 92-123.

FEHR, W. R. et al. Stage of development descriptions for soybeans, *Glycine max* (L.) Merrill. **Crop Science**, Madison, v. 11, n. 6, p. 929-931, Dec.1971.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, n. 6, p. 1039-1042, 2011.

FRANÇA-NETO, J. B.; KRZYZANOWSKI, F. C.; COSTA, N. P. O teste de tetrazólio em sementes de soja. Londrina, Documentos, 116). 1998. p.72.

FRANÇA-NETO J.B.; KRZYZANOWSKI F.C.; HENNING A.A. A importância do uso de semente de soja de alta qualidade. **Informativo ABRATES**, Londrina, v. 20, n.1,2, p.37 - 38, 2010.

GOMES, G. D. R. et al. Produção e qualidade fisiológica de sementes de soja em diferentes ambientes de cultivo. *Semina: Ciências Agrárias*, Londrina, v. 33, p. 2593-2604, 2012.

GORDON, B. Adubação com manganês em soja convencional e soja resistente ao glyphosate. *Informações Agronômicas*, Piracicaba, n. 117, p. 6, 2007.

HENNING, A.A.; FRANÇA NETO, J. de B. Problemas na avaliação da germinação de semente de soja com alta incidência de *Phomopsis sp.* *Revista Brasileira de Sementes*, Brasília, v. 2, n. 3, p. 9-22, 1980.

HUBER, D.M. What about glyphosate-induced manganese deficiency? *Fluid Journal*, Manhattan, v. 1, p. 20-22, 2007.

JENG, T. L.; SUNG, J. M. Hydration effect on lipid peroxidation and peroxide scavenging enzymes activity of artificially age penault seed. *Seed Science and Technology*, Zürich, v. 22, n. 3, p. 531-539, 1994.

KRUEGER, K. et al. Phosphorus and Potassium Fertilization Effects on Soybean Seed Quality and Composition. *Crop Science*, Madison, v. 53, p.602 - 610, 2013.

KRZYZANOWSKI, F.C. Desafios tecnológicos para a produção de semente de soja na região tropical brasileira. In: WORLD RESEARCH CONFERENCE, 7.; INTERNATIONAL SOYBEAN PROCESSING, 4.; CONGRESSO BRASILEIRO DE SOJA, 3., 2004, Foz do Iguaçu. **Proceedings**. Foz do Iguaçu: EMBRAPA-CNPSO, 2004. p. 1324- 1335.

LACERDA, A. L de S & MATALLO, M. B (2008) Verificação do ácido chiquímico em soja geneticamente modificada. In: Reunião Anual da Sociedade Brasileira para o Progresso da Ciência, 60., Campinas. **Anais**, UNICAMP. Disponível em: <<http://www.sbpcnet.org.br/livro/60ra/resumos/resumos/R2708-1.html>>. Acessado em: 14 de outubro de 2015.

LEHNINGER, A. L. **Princípios de Bioquímica**. São Paulo: Editora Sarvier, 4ed., 2006. 1202p.

LIN, C. F. et al. Cloning and prokaryotic expression of a cDNA encoding a putative mitochondrial malate dehydrogenase in *Oryza sativa*. *DNA Sequence*, Cambridge, v. 14, n. 1, p. 75-77, 2003.

LIMA, W. F. et al. Interação genótipo-ambiente de soja convencional e transgênica resistente a glifosato, no Estado do Paraná. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 43, n. 6, p. 729-736, 2008.

- MAGALHÃES, G. C. **Análise da atividade de algumas enzimas antioxidantes em plantas de soja (*Glycine Max* L. Merr.) sob níveis de manganês, em função da micorriza arbuscular**. 2002. 102 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2002.
- MAGUIRE, J. D. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling and vigour. **Crop Science**, Madison, v. 2, n. 2, p. 176-177, 1962.
- MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado. In: KRZYŻANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p. 1-24, 1999.
- MARTINS, C. A. O. et al. Atividade da isocitrato-liase durante a germinação de sementes de soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 22, n. 1, p. 42-46, 2000.
- NKANG, A.; OMOKARO, D.; EGBE, A. Effects of desiccation on the lipid peroxidation and activities of peroxidase and polyphenoloxidase in seeds of *Telfairia occidentalis*. **Seed Science and Technology**, Zürich, v. 28, n. 1, p. 1-9, 2000.
- NORSWORTHY, J. K. Conventional soybean plant and progeny response to glyphosate. **Weed Technol.**, v. 18, n. 3, p. 527-531, 2004.
- PÁDUA, G. P. et al. Influência do tamanho da semente na qualidade fisiológica e na produtividade da cultura da soja. **Revista Brasileira de Sementes**, Pelotas, v. 32, n. 3, p. 9-16, 2010.
- REDDY, K.N.; RIMANDO, A.M.; DUKE, S.O. Aminomethylphosphonic acid, a metabolite of glyphosate, causes injury in glyphosate-treated, glyphosate-resistant soybean. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Easton, v.52, p.5139-5143, 2004.
- SCHNEBLY, S. R.; FEHR, W. R. Effect of years and planting dates on fatty-acid composition of soybean genotypes. **Crop Science**, Madison, v. 33, n. 4, p. 716-719, 1993.
- TORRES, S.B.; MARCOS FILHO, J. Teste de envelhecimento acelerado em sementes de maxixe (*Cucumis anguria* L.). **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 23, n.2, p.108-112, 2001.
- VEIGA, A. D. et al. Influência do potássio e da calagem na composição química, qualidade fisiológica e na atividade enzimática de sementes de soja. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 4, p. 953-960, ago. 2010.

VIEIRA, R. D.; KRZYZANOWSKI, F. C. Teste de condutividade elétrica. In: KRZYZANOWSKI, F. C.; VIEIRA, R. D.; FRANÇA NETO, J. B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, p. 1-26, 1999.

ZHANG, J.; KIRKHAM, M. B. Drought-stress-induced changes in activities of superoxidedismutase, catalase, and peroxidase in wheat species. **Plant Cell and Physiology**, Oxford, v. 35, n. 5, p. 785-791, May 1994.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JUNIOR, R.S.; HUBER, D.M.; CONSTANTIN, J.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Glyphosate reduces shoot concentrations of mineral nutrients in glyphosate-resistant soybeans. **Plant and Soil**, v.321, p.4, 2009.

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; HUBER, D.M.; CONSTANTIN, J.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Glyphosate reduces shoot concentrations of mineral nutrients in glyphosate-resistant soybeans. **Plant and Soil**, v. 321, p. 4, 2009b.

ZOBIOLE, L. H. S.; OLIVEIRA JUNIOR, R. S.; KREMER, R.J.; CONSTANTIN, J.; YAMADA, T. ; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F. A.; OLIVEIRA JUNIOR, A. Effect of glyphosate on symbiotic N₂ fixation and nickel concentration in glyphosate-resistant soybeans. **Applied Soil Ecology**, v. 44, p. 176-180, 2010.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR, R.S.; KREMER, R.J.; CONSTANTIN, J.; YAMADA, T.; CASTRO, C.; OLIVEIRA, F.A.; OLIVEIRA JR, A. Effect of glyphosate on symbiotic N₂ fixation and nickel concentration in glyphosate-resistant soybeans. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v. 44, p. 176-180, 2010a.

ZOBIOLE, L.H.S.; OLIVEIRA JR, R.S.; KREMER, R.J.; CONSTANTIN, J.; BONATO, C.M.; MUNIZ, A.S. Water use efficiency and photosynthesis of glyphosate-resistant soybean as affected by glyphosate. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, San Diego, v. 97, n. 3, p. 182-193, 2010b.

WEEDEN, N. F.; WENDEL, J. F. Genetics of plant isozymes. In: SOLTIS, D. E.; SOLTIS, P. S. (Ed.). **Isozymes in plant biology**. London: Chapman and Hall, 1990. p. 46-72.