



**RODRIGO PEREIRA DE ASSIS**

**USO DE HERBICIDAS NA REDUÇÃO DE  
SUPERBROTAMENTO EM ALHO**

**LAVRAS - MG**

**2016**

**RODRIGO PEREIRA DE ASSIS**

**USO DE HERBICIDAS NA REDUÇÃO DE SUPERBROTAMENTO  
EM ALHO**

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

Dr. Rovilson José de Souza

Orientador

Dr. Elifas Nunes de Alcântara

Coorientador

**LAVRAS - MG**

**2015**

**Ficha Catalográfica Elaborada pela Coordenadoria de Produtos e Serviços da  
Biblioteca Universitária da UFLA**

Assis, Rodrigo Pereira de.

Uso de herbicidas na redução de superbrotamento em alho /  
Rodrigo Pereira de Assis. – Lavras : UFLA, 2016.  
47 p.

Tese(doutorado)–Universidade Federal de Lavras, 2015.  
Orientador(a): Rovilson José de Souza.  
Bibliografia.

1. Allium sativum L. 2. Estresse. 3. Qualidade. 4. Produtividade.  
I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

**RODRIGO PEREIRA DE ASSIS**

**USO DE HERBICIDAS NA REDUÇÃO DE SUPERBROTAMENTO  
EM ALHO**

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

APROVADA em: 21 de dezembro de 2015.

Dr. Elifas Nunes de Alcântara	EPAMIG
Dr. Juliano Tadeu Vilela de Resende	UNICENTRO
Dr. Wilson Magela Gonçalves	UFLA
Dr. Francisco Vilela Resende	EMBRAPA

Dr. Rovilson José de Souza  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2015**

“Home, home again  
I like to be here when I can  
When I come home cold and tired  
It's good to warm my bones beside the fire  
Far away, across the field  
The tolling of the iron bell  
Calls the faithful to their knees  
To hear the softly spoken magic spells”

Time – Pink Floyd

“A mente que se abre a uma nova ideia  
jamais voltará ao tamanho original”

Albert Einstein

A minha Família,

aos meus amigos

**OFEREÇO.**

Aos meus pais, Mário e Dória,

**DEDICO.**

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a Deus, pela presença constante e luz para meu caminho.

Agradeço aos meus pais, Dória de Fátima Pereira de Assis e Mário Alves de Assis, por todo apoio, amor e auxílio. Ao meu irmão Carlos, pela companhia e amizade em todos os momentos.

Ao professor Rovilson José de Souza, por todo ensinamento, confiança e experiência que muito contribuíram para a conclusão deste trabalho e para minha formação profissional.

Ao pesquisador Elifas, pela coorientação nos trabalhos de tese e pela disposição e ensinamentos com os trabalhos de campo.

À banca avaliadora, pelo ensinamento e conhecimento para melhoria do presente trabalho.

Aos funcionários do Setor de Olericultura da Universidade Federal de Lavras, Paulo César, Pedro, Josemar e Stéfany, pelo auxílio na condução do experimento e pela amizade.

Aos companheiros de horta, Lauro, Júlio, Carlos Enrrik, Vinícius, Gustavo e Alexandre, pela amizade, parceria nos experimentos e descontração.

A todos integrantes do Núcleo de Estudos em Olericultura, pela parceria, amizade e grande ajuda nas atividades desenvolvidas na Universidade Federal de Lavras.

Aos professores Adenilson, Luciane e Magela, por todo conhecimento e atenção dispensados durante todo o curso de mestrado e doutorado.

Aos amigos Deyvid, Daniel, Nilma, Emi, Ariane, Alyne, Márcia e Fabiano, pela presença nos momentos mais importantes de minha vida e pela ajuda nos momentos mais difíceis.

À Capes, pelo fomento de bolsa de estudos e ao CNPq, pelo financiamento do projeto de alho que muito contribuiu para melhoria da estrutura do setor de olericultura da UFLA e para condução dos experimentos.

À Universidade Federal de Lavras, pelo acolhimento e excelência no ensino.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## RESUMO

Neste trabalho o objetivo foi verificar o efeito de herbicidas no controle de superbrotamento, produtividade e qualidade de alho. As parcelas foram constituídas por canteiros de 1,2 m de largura e 1,0 m de comprimento, com seis linhas de plantio em fileiras duplas. Os tratamentos foram constituídos de 5 herbicidas: Glifosato; Etoxysulfuron; Imazapyr; Halosulfuron e Metsulfuron-metil e 5 doses (0; 10; 15; 20 e 25% da menor dose recomendada para controle de plantas daninhas). Foi utilizada a cultivar Quitéria proveniente de cultura de meristemas. O delineamento foi em blocos casualizados, com 3 repetições. A aplicação das doses dos herbicidas foi realizada 50 dias após o plantio. Foram efetuadas as seguintes avaliações: produtividade total de bulbos, percentagem de bulbos superbrotados, produtividade comercial de bulbos, massa média de bulbos comerciais, número de bulbilhos por bulbo da produção comercial. Os herbicidas Halosulfuron e Etoxysulfuron mostraram-se muito agressivos a cultura do alho, causando a morte de todas as plantas. Maiores produtividades, tanto total quanto comercial, foram observadas para o herbicida Glifosato, 13,93 t ha<sup>-1</sup> e 13,16 t ha<sup>-1</sup>, com as doses de 10,81% e 13,12% da dose comercial, respectivamente. A menor incidência de superbrotamento 4,05% foi observada para a dose de 15,58% da dose de Glifosato. A maior massa média de bulbos comerciais 35,75g foi observada para a dose de 15,83% da dose de Glifosato. Os herbicidas Imazapyr e Metsulfuron-metil reduziram a produtividade total em relação à testemunha sem aplicação de herbicida e promoveram pouco ganho em produtividade comercial. Doses acima de 15% reduziram a produtividade e aumentaram o superbrotamento para todos os herbicidas testados. A dose de 15,58% de Glifosato foi eficiente no controle de superbrotamento. Os herbicidas do grupo sulfonilureia reduziram a produtividade ou causaram a morte das plantas para as doses estudadas.

**Palavras-chave:** *Allium sativum* L. Estresse. Qualidade. Produtividade.

## ABSTRACT

Aimed to verify the herbicides effect in the secondary growth control, productivity and quality in garlic. The plots consisting in beds of 1.2 m wide and 1,0 m length, with six lines of planting in double rows. The treatments were 5 herbicides: Glyphosate; Etoxysulfuron; Imazapyr; Halosulfuron and Metsulfuron-methyl and 5 doses (0; 10; 15; 20 and 25% of the smallest dose recommended for control of weed). it was used the cultivar Quitéria originating from meristem culture. The experimental design was a randomized blocks, with 3 repetitions. The application of the doses of the herbicides was realized 50 days after the planting. The following evaluations were made: total and marketable yield of bulbs, percentage of secondary growth in bulbs, medium mass of commercial bulbs and number of cloves per bulb of the commercial production. The herbicides Halosulfuron and Etoxysulfuron were shown very aggressive the culture of the garlic, causing the death of all the plants. Larger productivities total and marketable was observed for the herbicide Glyphosate, 13,93 t ha<sup>-1</sup> and 13,16 t ha<sup>-1</sup>, with doses of 10,81% and 13,12% of the commercial dose, respectively. The smallest incidence of secondary growth 4,05% was observed for Glyphosate with 15,58% of the dose. The largest medium mass of commercial bulbs 35,75g were observed for the herbicide Glyphosate with 15,83% of the dose. The herbicides Imazapyr and Metsulfuron-methyl reduced the total productivity in relation to the control treatment without herbicide application and they promoted little gain in commercial productivity. Doses above 15% promoted reduction in the productivity and increase the secondary growth for all the tested herbicides. The dose of 15,58% of Glyphosate was efficient in the secondary growth control. The herbicides of the group sulfonyleurea's reduced the productivity or they caused the death of the plants for the studied doses.

**Keywords:** *Allium sativum* L. Stress. Quality. Productivity.

## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO II

<b>Figura 1</b>	Produtividade total em t ha <sup>-1</sup> em função de sub doses de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura do alho.....	37
<b>Figura 2</b>	Produtividade comercial em t ha <sup>-1</sup> em função de sub doses de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura do alho.....	37
<b>Figura 3</b>	Porcentagem de bulbos superbrotados em função de subdoses de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura do alho.....	40
<b>Figura 4</b>	Classificação por tamanho de bulbos em porcentagem em função de doses de Glifosato.....	40
<b>Figura 5</b>	Massa média de bulbos comerciais em gramas em função de subdoses de herbicidas em pós-emergência na cultura do alho.....	42

## SUMÁRIO

	<b>CAPÍTULO I.....</b>	13
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO GERAL.....</b>	13
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	15
<b>2.1</b>	<b>Importância econômica.....</b>	15
<b>2.2</b>	<b>Cultivares.....</b>	16
<b>2.3</b>	<b>Aspectos fisiológicos da cultura do alho.....</b>	17
<b>2.3.1</b>	<b>Dormência.....</b>	18
<b>2.3.2</b>	<b>Bulbificação e vernalização.....</b>	18
<b>2.3.3</b>	<b>Superbrotamento.....</b>	20
<b>2.3.4</b>	<b>Fisiologia do estresse.....</b>	21
<b>2.4</b>	<b>Mecanismo de ação de herbicidas.....</b>	23
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	24
	<b>CAPÍTULO II - Herbicidas pós emergentes no controle de superbrotamento em alho.....</b>	29
<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO.....</b>	31
<b>2</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	33
<b>3</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	36
<b>4</b>	<b>CONCLUSÃO.....</b>	43
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	44
	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS.....</b>	47

## CAPÍTULO I

### 1 INTRODUÇÃO GERAL

A cultura do alho quando mal manejada pode favorecer o aparecimento de uma anomalia de causas genético-fisiológicas, chamada superbrotamento. O superbrotamento é caracterizado pelo crescimento anormal da folha de proteção, causando engrossamento e/ou rompimento do pseudocaule, produzindo bulbos abertos sem valor comercial, podendo haver aumento no número de bulbilhos.

O controle do superbrotamento tem sido realizado com estresse hídrico, com objetivo principal de equilibrar o balanço hormonal dentro da planta, induzindo as plantas a produzirem ácido abscísico de modo a amenizar a ação de giberelinas, produzidas por irrigação excessiva, nutrição nitrogenada desbalanceada, vernalização, dentre outros.

Em regiões onde ocorrem chuvas no inverno, principalmente no centro-sul do estado do Paraná, por exemplo, o processo de controle de superbrotamento com estresse hídrico muitas vezes não é eficiente (RESENDE et al., 2013). Índices de superbrotamento podem variar de 20 a 90%, dependendo da cultivar, quando a planta não sofre o estresse, surgiu daí a necessidade de se estressar a planta de outra forma que não seja cortando a irrigação.

Algumas situações podem ser estressantes para as plantas, como: salinidade, alterações na temperatura, estresse químico, *laser*, choques elétricos, corte mecânico da parte aérea. O estresse químico pode ser realizado por meio de um herbicida, uma substância ácida, ou qualquer composto que cause um dano foliar às plantas. Dentre os herbicidas mais utilizados na agricultura o glifosato e as sulfonilureias destacam-se pelo amplo espectro de controle de plantas daninhas e pela eficiência em baixas dosagens, respectivamente. Sendo muito utilizados em áreas de produção de hortaliças, os diferentes grupos

químicos dos herbicidas, atualmente utilizados, têm ação nas rotas metabólicas, diminuindo ou inibindo a produção de compostos precursores de moléculas importantes para o metabolismo das plantas, como hormônios, clorofilas, dentre outros (SALMAZO, 2009). Devido à grande ação dos herbicidas na fisiologia das plantas o seu uso pode ser uma alternativa ao estresse hídrico na cultura do alho.

Neste trabalho o objetivo foi verificar o efeito de herbicidas pós-emergentes no controle de superbrotamento e produtividade em alho vernalizado.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Importância econômica**

No ano de 2013 foram produzidas 24,2 milhões de toneladas de alho no mundo, sendo a Ásia responsável por 91,3% de todo volume. A China é o maior produtor com 19,2 milhões de toneladas, equivalente a 78,9% do total produzido (FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED STATES STATISTICS DIVISION - FAOSTAT, 2015).

A produção nacional estimada para 2014/15 foi de 111,8 mil toneladas, 9,5% maior que a safra 2013/14, esse crescimento é atribuído ao maior uso de tecnologias nas principais regiões produtoras e a expansão da área plantada em Minas Gerais que passou de 1525 ha para cerca de 2500 ha (COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB, 2014).

No ano 2014 foram necessárias 300 mil toneladas para o abastecimento do mercado nacional. A produção nacional abastecerá nesse período 37% do consumo e os outros 63% serão de alhos importados, principalmente da China (41%) e da Argentina (22%). Tradicionalmente a Argentina domina a oferta nos meses de dezembro a abril. A China, por sua vez, oferta volumes maiores que a Argentina nos demais meses do ano e dita os preços no mercado nacional (EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA - EPAGRI, 2015).

Os maiores estados produtores são Minas Gerais (31%), Goiás (28,7%), Santa Catarina (13,4%), Rio Grande do Sul (12,4%) e Bahia (7,5%), os quais contribuem com mais de 90% de toda produção nacional. Minas Gerais foi o maior produtor em 2014 com 35 mil toneladas, seguido de Goiás com 32,1 mil toneladas. O estado de Goiás ainda detém as maiores médias de produtividade, aproximadamente 15 t ha<sup>-1</sup> (CONAB, 2014).

Dentre os principais municípios produtores estão São Gotardo/Rio Paranaíba (MG), Cristalina (GO), Curitibaanos (SC), São Marcos (RS) e Mucugê (BA), o preço médio do quilo do alho nessas regiões durante o ano foi de R\$6,00. O Alho Chinês e o Argentino entram no mercado brasileiro com preços médios de R\$4,50 (CONAB, 2014; EPAGRI, 2015). A fim de mitigar esse problema, o governo brasileiro com base na Lei 9.019, de 30 de março de 1995, impôs a taxa antidumping, a qual impõe um valor acrescido sobre o alho importado da China com base nos dados colhidos em um terceiro país, a Argentina (BRASIL, 2015). Com essa medida, o governo brasileiro visa a reduzir a entrada de alho no país, protegendo assim, o alicultor brasileiro do mercado chinês.

Mesmo com as importações da China e Argentina, o alho nacional consegue alcançar preços mais elevados devido a sua qualidade, grandes centros produtores visam a atender mercados mais exigentes quanto à qualidade e duração pós-colheita. O alho argentino possui menor qualidade condimentar que o alho nacional, sendo muito consumido pela indústria, já o alho chinês não possui nenhum requisito fitossanitário para a exportação para o Brasil (ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE ALHO - ANAPA, 2015; PORTAL DIA DE CAMPO, 2015).

## **2.2 Cultivares**

As cultivares são separadas basicamente em dois grandes grupos bem distintos, o grupo nobre e o comum.

Os alhos do grupo nobre são caracterizados por possuírem formato redondo, bulbos uniformes com bulbilhos grandes. Segundo a portaria nº 242/92 do Ministério da Agricultura, esses alhos devem apresentar no máximo 20 bulbilhos por bulbo. Seus bulbos têm túnica branca e película de cor rósea ou

roxa e os bulbilhos película rósea escura ou clara. O ciclo é de quatro a seis meses dependendo da região, quanto mais ao Norte do Brasil menor o ciclo. Dentre as cultivares do grupo estão: Chonan, Roxo Pérola de Caçador, Quitéria, Jonas e Ito. Correspondem por cerca de 80% da área cultivada com alho no Brasil (SOUZA; MACEDO, 2009), sendo de melhor valor econômico que o grupo seminobre por possuir melhor qualidade e formato de bulbos.

O segundo grupo comum possui dois subgrupos: o primeiro chamado seminobre diferencia do alho nobre por apresentar formato irregular, menos de 20 bulbilhos por bulbo, normalmente ovalados, bulbos desuniformes, túnica branca com película branca a levemente arroxeadada (MOTA, 2003). Contudo, apresentam-se como boa alternativa ao pequeno produtor, sendo relatadas produtividades acima da média estadual e boa classificação comercial de bulbos (TERRA; ARAUJO; SOUZA, 2013). Seu ciclo é de cinco meses aproximadamente. Dentre as cultivares do grupo encontram-se: Gigante Roxo, Gigante Roxão, Gigante Núcleo, Gigante Curitibano, Gravatá e Amarante. Já o subgrupo comum apresenta ciclo de até 4 meses, tem coloração externa branca a arroxeadada, baixa conservação pós-colheita, de 20 a 40 bulbilhos por bulbo e baixo valor comercial. São exemplos desse subgrupo: Branco Mineiro, Jureia e Cateto Roxo (SOUZA; MACEDO, 2009).

### **2.3 Aspectos fisiológicos da cultura do alho**

O equilíbrio hormonal para a cultura do alho é um fator de grande importância, pois visa evitar perdas em qualidade, produtividade e valor comercial. Dentre os fatores que mais merecem atenção estão dormência, vernalização, bulbificação e estresse.

### **2.3.1 Dormência**

A dormência é o estado no qual não há crescimento da folha de brotação do bulbilho, mesmo se esse for colocado em condições ambientais favoráveis. Com isso, nesse período não há brotação dos bulbilhos. Esse fenômeno é um parâmetro de grande importância para a cultura, pois condiciona a regulação das épocas de plantio, a conservação pós-colheita e o escalonamento de safras (SOUZA; MACEDO, 2009).

A dormência é controlada por um equilíbrio entre inibidores de crescimento, como ácido abscísico e reguladores de crescimento, especialmente giberelinas. Em função do estresse nas plantas e pela fase de senescência das plantas são produzidas grandes quantidades de ácido abscísico nas plantas, sendo a principal causa da dormência em plantas de alho (RAHMAN et al., 2006).

A emissão das raízes em bulbos dormentes é promovida por umidade na base do bulbilho e baixas temperaturas que induzem a formação de giberelinas livres adiantando a germinação. A brotação é promovida pela ação de citocininas endógenas que são ativadas com a germinação (BREWSTER, 1997). Bulbilhos armazenados em baixas temperaturas tiveram maior porcentagem de brotação, devido às mudanças nos níveis internos de giberelinas (ARGÜELLO et al., 2001; RAHMAN; HAQUE; AHMED, 2003).

Aplicações externas de giberelinas não foram eficientes no estímulo à quebra de dormência e aumentaram a incidência de plantas anormais (RAHMAN et al., 2006).

### **2.3.2 Bulbificação e vernalização**

A bulbificação consiste na translocação de solutos para o caule da planta, de modo a acumular substâncias de reserva no órgão chamado bulbo,

para sobreviver a condições climáticas de frio e garantir a propagação da espécie (TAIZ; ZEIGER, 2013).

Duas fases podem ser distinguidas durante a formação dos bulbos em alho: a primeira chamada diferenciação é caracterizada pela modificação das gemas do caule em bulbilhos e a segunda chamada bulbificação é caracterizada pela translocação de solutos e enchimento dos bulbilhos, dando forma ao bulbo (GOLENIOWSKI et al., 2001; MANN, 1952). O enchimento dos bulbos em alho está relacionado à alta atividade de ácido abscísico (ABA), ao passo que as giberelinas e citocininas seriam o fator endógeno responsável pela diferenciação dos bulbilhos (NUÑES et al., 1994).

As cultivares de alho, denominadas nobres, possuem o ciclo mais longo, são mais exigentes em: fotoperíodo (mínimo de 13 horas) e frio. Apenas na região Sul do Brasil encontram-se condições suficientes para o cultivo dessas cultivares, em condições normais. Para serem plantados nas regiões sudeste, centro-oeste e sul da Bahia, essas cultivares precisam ser vernalizadas para formar bulbos, prática que dentre outros efeitos, ocasiona também a redução do ciclo dessas cultivares (SOUZA; MACEDO, 2009).

A técnica consiste em armazenar os bulbos antes do plantio em câmaras frias com temperatura de 3 a 5 °C e umidade relativa de 65% por um período de aproximadamente 45 a 60 dias (FILGUEIRA, 2003).

A refrigeração pré-plantio (para a obtenção de alho vernalizado), principalmente para as cultivares nobres, permite o cultivo em áreas onde, em condições normais, a bulbificação não ocorreria, devido à insuficiência climática. Essa técnica viabiliza o plantio de alho no período da entressafra e possibilita a precocidade nas colheitas, contribuindo para um melhor abastecimento interno e diminuindo as necessidades de importações (CASTELLANE; FERREIRA FILHO; ALBUQUERQUE, 1992; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Durante a vernalização ocorrem alterações no balanço hormonal, como o aumento de giberelinas livres e citocininas. Essas substâncias estão relacionadas com a quebra da dominância apical, crescimento de gemas laterais e diferenciação de tecidos (SOUZA; MACEDO, 2009).

A maior síntese de ABA possivelmente interfere no balanço hormonal das plantas, diminuindo a atividade das giberelinas e, conseqüentemente, reduzindo a incidência de plantas com superbrotamento (MOON; LEE, 1980).

### **2.3.3 Superbrotamento**

É uma anomalia de causas genético-fisiológicas que influencia negativamente na cultura do alho, pois além de reduzir a produtividade, deprecia o produto, fazendo com que seu valor comercial seja comprometido (SOUZA; CASALI, 1986). O superbrotamento é caracterizado pelo crescimento anormal da folha de proteção dos bulbilhos, engrossamento e/ou rompimento do pseudocaule, produzindo bulbos abertos, podendo haver aumento do número de bulbilhos, com tamanho reduzido e baixa aceitação pelo mercado consumidor (SOUZA; MACEDO, 2009). Não foram encontrados relatos de superbrotamento na literatura com outras espécies que formam bulbos.

Diversos fatores têm sido relacionados ao superbrotamento em alho, como fotoperíodo curto (PARK; LEE, 1979), temperatura (SOUZA; CASALI, 1986), cultivar (SOUZA; MACÊDO, 2004), excesso de nitrogênio e matéria orgânica (BÜLL et al., 2002; MACEDO et al., 2009; MAROUELLI et al., 2002; TRANI et al., 2008), irrigação (GARCIA, 1964; MAROUELLI et al., 2002), cobertura morta (TRANI et al., 2008), vernalização (SOUZA; MACEDO, 2004; WU et al., 2015) e giberelinas (MOON; LEE, 1980; VIEIRA et al., 2014). Em alhos nobres vernalizados, o superbrotamento tem sido motivo de maior preocupação, já que as cultivares geralmente são mais sensíveis a esta anomalia.

A prática da vernalização, que consiste em submeter os bulbos semente a baixas temperaturas por um determinado período, visando a reduzir a exigência destas cultivares ao fotoperíodo e à temperatura, também pode interferir na ocorrência do superbrotamento. Segundo Burba (1983), a vernalização dos bulbilhos estimula o acúmulo de citocininas e giberelinas, modificando o balanço hormonal e levando ao superbrotamento de bulbos no campo.

A associação entre disponibilidade de água e os níveis hormonais, principalmente giberelina, é outro possível fator de indução do superbrotamento (MOON; LEE, 1980). As giberelinas apresentam efeito sobre o crescimento, estando relacionadas com a absorção osmótica de água, promovendo o alongamento celular. Acredita-se que a ação da giberelina sobre o alongamento celular esteja relacionada com maior ação da  $\alpha$ -amilase, cuja ação é induzida por estas substâncias, o que resulta no aumento de produtos osmoticamente ativos no suco celular, causando maior absorção de água pelas plantas (RESENDE; SOUZA, 2002).

O nitrogênio é outro fator responsável pelo superbrotamento em alho, além de ser um nutriente que promove o crescimento vegetativo, as giberelinas têm grande capacidade de mobilização associadas a compostos nitrogenados, além do fato do nitrogênio ser componente da base nitrogenada adenina que é a molécula que origina as citocininas nas plantas (SOUZA; MACEDO, 2009; TAIZ; ZEIGER, 2013).

#### **2.3.4 Fisiologia do estresse**

Estresse é um desvio significativo das condições para a vida, e induz mudanças e respostas em todos os níveis funcionais do organismo, os quais são reversíveis a princípio, mas podem se tornar permanentes (LARCHER, 2000). O estresse desempenha um papel muito importante, determinando como solo e clima

limitam a distribuição de espécies vegetais. Dentre as várias formas de estresse, as plantas estão: déficit hídrico, choques térmicos (frio ou temperaturas elevadas), salinidade do solo, deficiência de oxigênio por alagamento e intoxicação química por algum produto (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O ácido abscísico é o hormônio envolvido nos processos fisiológicos quando as plantas são expostas a alguns tipos de estresse. Grandes quantidades de ABA são rapidamente sintetizadas nas folhas em resposta ao estresse, cujo principal papel está relacionado à regulação da abertura e fechamento estomático, mobilização de solutos e tem efeito antagônico às giberelinas (BERMÚDEZ-ZAMBRANO, 2004; TAIZ; ZEIGER, 2013).

Uma das alternativas utilizadas por alicultores, visando a reduzir a incidência de superbrotamento, consiste na suspensão da irrigação durante o período de bulbificação, provocando déficit hídrico (SOUZA; MACEDO, 2009). Uma das primeiras respostas das plantas à deficiência hídrica é o fechamento dos estômatos, e com isto, há diminuição da difusão de CO<sub>2</sub> para o mesófilo foliar, o que causa a queda na fotossíntese (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O estresse em plantas de alho induz a produção de ácido abscísico que atua como amenizador das giberelinas produzidas durante a vernalização e auxilia na formação de bulbos de maior tamanho devido à translocação de solutos (TAIZ; ZEIGER, 2013).

O estresse químico pode ser realizado por meio de um herbicida, uma substância ácida, ou qualquer composto que cause um dano foliar às plantas produzindo ácido abscísico ou diminuindo a efetividade de giberelinas. Os diferentes grupos químicos dos herbicidas, atualmente utilizados, têm ação nas rotas metabólicas diminuindo ou inibindo a produção de compostos precursores de moléculas importantes para o metabolismo das plantas, como hormônios, clorofilas, dentre outros (SALMAZO, 2009). Devido à grande ação dos herbicidas

na fisiologia das plantas o seu uso pode ser uma alternativa como agente estressante na cultura do alho.

#### **2.4 Mecanismo de ação de herbicidas**

O Glifosato, derivado de glicinas, é um herbicida sistêmico. Quando o glifosato é aplicado sobre as plantas, ocorre inicialmente uma rápida penetração, seguida por uma longa fase de lenta penetração, sendo que a duração dessas fases depende de numerosos fatores, incluindo espécie, idade, condições ambientais e concentração do glifosato e surfactante. O glifosato é móvel no floema e é rapidamente translocado por todas as partes da planta, mas tende a se acumular nas regiões meristemáticas. 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-sintase (EPSPs) que catalisa a condensação do ácido chiquímico e do fosfato piruvato, evitando, assim, a síntese de três aminoácidos essenciais: triptofano, fenilalanina e tirosina, que são precursores de outros produtos como a lignina, alcaloides e flavonoides, (JAWORSKI, 1972; KRUSE; TREZZI; VIDAL, 2000; ZABLOTOWICZ; REDDY, 2004).

Os herbicidas Metsulfuron-metil, Halosulfuron e Etoxysulfuron, pertencentes ao grupo das sulfonilureias, são inibidores da acetolactato sintetase (ALS) e têm um amplo espectro de seletividade, são usados em baixas taxas quando aplicados em solo ou em tratamentos como pós-emergentes em várias culturas por serem bastante potentes (VIDAL, 1997). A enzima ALS catalisa o primeiro passo na síntese dos aminoácidos leucina, isoleucina e valina. Esses aminoácidos são componentes essenciais em proteínas e requeridos para produção de novas células. A inibição da ALS é irreversível, impedindo a síntese desses aminoácidos (VIDAL, 1997; ZHOU et al., 2007). O Imazapyr do grupo das imidazolinonas também pertence ao grupo de inibidores da ALS.

## REFERÊNCIAS

ARGÜELLO, J. A. et al. Morphological changes in garlic (*Allium sativum* L.) microbulblets during dormancy and sprouting as related to peroxidase activity and gibberellin A3 content. **Biocell**, Mendoza, v. 25, n. 1, p. 1-9, 2001.

ASSOCIAÇÃO NACIONAL DOS PRODUTORES DE ALHO. Brasília, 2015. Disponível em: <<http://www.anapa.com.br/simples/?p=3929>>. Acesso em: 24 fev. 2015.

BERMÚDEZ-ZAMBRANO, O. D. **Sinalização entre os sistemas radiculares e caulinares em genótipos contrastantes de *Lycopersicon* sob estresse por deficiência hídrica**. 2004. 33 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia e Bioquímica de Plantas) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, 2004.

BRASIL. Superior Tribunal de Justiça. Mandado de segurança. Comércio exterior. Direito antidumping. Importação de alho fresco e refrigerado originário da República Popular da China. Resolução Camex 52/2007. Legitimidade. Mandado de segurança n. 13413 DF 2008/0058891-7. Relator: Min. Teori Albino Zavascki. Data de julgamento: 24/09/2008. Disponível em: <<http://stj.jusbrasil.com.br/jurisprudencia/848165/mandado-de-seguranca-ms-13413-df-2008-0058891-7>>. Acesso em: 24 abr. 2015.

BREWSTER, J. L. Onions and garlic. In: WIEN, H. C. **The physiology of vegetable crops**. Oxon: CAB, 1997.

BÜLL, L. T. et al. Produção de bulbos e incidência de pseudoperfilamento na cultura do alho vernalizado em função de adubações potássicas e nitrogenadas. **Bragantia**, Campinas, v. 61, p. 247-255, 2002.

BURBA, J. L. **Efeitos do manejo de alho-semente (*Allium sativum* L.) sobre a dormência, crescimento e produção da cultivar Chonan**. 1983. 112 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1983.

CASTELLANE, P. D.; FERREIRA FILHO, C.; ALBUQUERQUE, A. Efeito da refrigeração pré-plantio na produção de alho, seleções Gigante 10 e Gigante 20, em São Paulo. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 10, n. 2, p. 98-99, nov. 1992.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO. **Conjuntura mensal – alho**. Brasília, 2014. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14\\_07\\_28\\_15\\_20\\_04\\_alhojunho2014.pdf](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/14_07_28_15_20_04_alhojunho2014.pdf)>. Acesso em: 21 abr. 2015.

EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUARIA E EXTENSÃO RURAL DE SANTA CATARINA. **Mercado de alho – Safra 2104/2015**. Disponível em: <[http://www.epagri.sc.gov.br/?page\\_id=5357](http://www.epagri.sc.gov.br/?page_id=5357)>. Acesso em: 21 abr. 2015.

FILGUEIRA, F.A.R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG: UFV, 2003. 402 p.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF UNITED STATES STATISTICS DIVISION. **Crops production**. Disponível em: <<http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>>. Acesso em: 16 abr. 2015.

GARCIA, A. **Influência da irrigação no crescimento, produção e superbrotamento do alho (*Allium sativum* L.)**. 1964. 45 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG, 1964.

GOLENIOWSKI, M. et al. Relationships between peroxidases and in vitro bulbification in garlic (*Allium sativum* L.). **Plant in Vitro Cellular and Developmental Biology**, Columbia, v. 37, n. 5, p. 683-686, 2001.

KRUSE, N. D.; TREZZI, M. M.; VIDAL, R. A. Herbicidas inibidores da EPSPS. **Revista Brasileira de Herbicidas**, Brasília, v. 1, n. 2, p. 139-146, 2000.

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.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: Rima, 2000. 531 p.

MACÊDO, F. S. et al. Produtividade de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas em função de doses de nitrogênio e molibdênio. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 657-663, 2009.

MANN, L. K. Anatomy of the garlic bulb and factors affecting bulb development. **Hilgardia**, Berkeley, v. 21, p. 195-251, 1952.

MAROUELLI, W. A. et al. Produção e qualidade de alho sob regimes de água no solo e doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 191-194, 2002.

MOON, W.; LEE, B. Y. Influence of short day treatment on the growth and levels of endogenous growth substances in garlic plants (*Allium sativum* L.). **Journal Korean of the Society for Horticultural Science**, Tehran, v. 21, n. 2, p. 109-118, 1980.

MOTA, J. H. **Diversidade genética e características morfológicas, físico-químicas e produtivas de cultivares de *Allium sativum* L.** 2003. 66 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2003.

NUÑEZ, S. B. et al. Bulbing physiology in garlic (*Allium sativum* L.) cv 'Rosado paraguay'. I. Morphophysiological characterization of the inductive and morphological stages of bulbing. In: INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON EDIBLE ALLIACEAE, 1., 1994, Mendoza. **Proceedings...** Mendoza: [s. n.], 1994. p. 95-404.

PARK, Y. B.; LEE, B. Y. Study on growth and bulb formation of garlic plants (*Allium sativum* L.). I. The effect of daylength on the bulb formation and secondary growth in 6 cloved garlic plants. **Journal Korean Society Horticultural Science**, Tehran, v. 20, n. 1, p. 1-4, 1979.

PORTAL DIA DE CAMPO. Disponível em: <<http://www.diadecampo.com.br/zpublisher/materias/Materia.asp?id=27959&secao=Nutri%E7%E3o%20Animal>>. Acesso em: 26 maio 2015.

RAHMAN, M. H. et al. Effects of gibberellic acid (GA<sub>3</sub>) on breaking dormancy in garlic (*Allium sativum* L.). **International Journal of Agriculture & Biology**. San Francisco, v. 8, n. 1, p. 63-65, 2006.

RAHMAN, M. H.; HAQUE, M. S.; AHMED, M. Pre-planting temperature treatments for breaking dormancy of garlic cloves. **Asian Journal of Plant Sciences**, New York, v. 2, n. 1, p. 123-126, 2003.

RESENDE, G. M.; SOUZA, R. J. Efeito de doses de paclobutrazol na cultura do alho. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 34, n. 5, p. 637-641, 2002.

RESENDE, J. T. V. et al. Caracterização morfológica, produtividade e rendimento comercial de cultivares de alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 3, p. 157-162, 2013.

SALMAZO, P. B. **Efeitos de subdoses de sulfoniluréias na produtividade e qualidade de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 2009. 93 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

SOUZA, R. J.; CASALI, V. W. D. Pseudoperfilhamento: uma anormalidade genético-fisiológica em alho. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.12, p. 36-41, 1986.

SOUZA, R. J.; MACEDO, F. S. **Cultura do alho: tecnologias modernas de produção**. Lavras: UFLA, 2009. 181 p.

SOUZA, R. J.; MACEDO, F. S. Vernalização de cultivares de alho nobre na região de Lavras. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 22, p. 651- 654, 2004.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TERRA, B. J. O.; ARAUJO, J. C.; SOUZA, R. J. Características morfológicas e produtividade de cultivares de alho em manejo orgânico na microrregião do Campo das Vertentes–MG. **Revista Agrogeoambiental**, Pouso Alegre, v. 5, n. 3, p. 65-71, 2013.

TRANI, P. E. et al. Produtividade e pseudoperfilhamento do alho influenciados pelo nitrogênio, potássio e cobertura morta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 330-334, 2008.

VIDAL, R. A. **Herbicidas: mecanismo de ação e resistência de plantas**. Porto Alegre: Palotti, 1997. 165 p.

VIEIRA, R. L. et al. In vitro morphogenesis of garlic plants: The role of growth regulators in bulb induction and development. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 3, p. 439-435, 2014.

WU, C. et al. Growth, bolting and yield of garlic (*Allium sativum* L.) in response to clove chilling treatment. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 194, p. 43-52, 2015.

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

ZHOU, Q. et al. Action mechanisms of acetolactate synthase-inhibiting herbicides. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Oxford, v. 89, p. 89-96, 2007.

## CAPÍTULO II

### Herbicidas pós-emergentes no controle de superbrotamento em alho

#### RESUMO

Neste trabalho o objetivo foi verificar o efeito de herbicidas no controle de superbrotamento, produtividade e qualidade de alho. As parcelas foram constituídas por canteiros de 1,2 m de largura e 1,0 m de comprimento, com seis linhas de plantio em fileiras duplas. Os tratamentos foram constituídos de 5 herbicidas: Glifosato; Etoxysulfuron; Imazapyr; Halosulfuron e Metsulfuron-metil e 5 doses (0; 10; 15; 20 e 25% da menor dose recomendada para controle de plantas daninhas). Foi utilizada a cultivar Quitéria proveniente de cultura de meristemas. O delineamento foi em blocos casualizados, com 3 repetições. A aplicação das doses dos herbicidas foi realizada 50 dias após o plantio. Foram efetuadas as seguintes avaliações: produtividade total de bulbos, percentagem de bulbos superbrotados, produtividade comercial de bulbos, massa média de bulbos comerciais, número de bulbilhos por bulbo da produção comercial. Os herbicidas Halosulfuron e Etoxysulfuron mostraram-se muito agressivos a cultura do alho, causando a morte de todas as plantas. Maiores produtividades tanto total quanto comercial foram observadas para o herbicida Glifosato, 13,93 t ha<sup>-1</sup> e 13,16 t ha<sup>-1</sup>, com as doses de 10,81% e 13,12% da dose comercial, respectivamente. A menor incidência de superbrotamento 4,05% foi observada para a dose de 15,58% da dose de Glifosato. A maior massa média de bulbos comerciais 35,75g foi observada para a dose de 15,83% da dose de Glifosato. Os herbicidas Imazapyr e Metsulfuron-metil reduziram a produtividade total em relação à testemunha sem aplicação de herbicida e promoveram pouco ganho em produtividade comercial. Doses acima de 15% reduziram a produtividade e aumentaram o superbrotamento para todos os herbicidas testados. A dose de 15,58% de Glifosato foi eficiente no controle de superbrotamento. Os herbicidas do grupo sulfonilureia reduziram a produtividade ou causaram a morte das plantas para as doses estudadas.

**Palavras-chave:** *Allium sativum* L., estresse, qualidade, produtividade.

## ABSTRACT

Aimed to verify the herbicides effect in the secondary growth control, productivity and quality in garlic. The plots consisting in beds of 1.2 m wide and 1,0 m length, with six lines of planting in double rows. The treatments were 5 herbicides: Glyphosate; Etoxysulfuron; Imazapyr; Halosulfuron and Metsulfuron-methyl and 5 doses (0; 10; 15; 20 and 25% of the smallest dose recommended for control of weed). it was used the cultivar Quitéria originating from meristem culture. The experimental design was a randomized blocks, with 3 repetitions. The application of the doses of the herbicides was realized 50 days after the planting. The following evaluations were made: total and marketable yield of bulbs, percentage of secondary growth in bulbs, medium mass of commercial bulbs and number of cloves per bulb of the commercial production. The herbicides Halosulfuron and Etoxysulfuron were shown very aggressive the culture of the garlic, causing the death of all the plants. Larger productivities total and marketable was observed for the herbicide Glyphosate, 13,93 t ha<sup>-1</sup> and 13,16 t ha<sup>-1</sup>, with doses of 10,81% and 13,12% of the commercial dose, respectively. The smallest incidence of secondary growth 4,05% was observed for Glyphosate with 15,58% of the dose. The largest medium mass of commercial bulbs 35,75g were observed for the herbicide Glyphosate with 15,83% of the dose. The herbicides Imazapyr and Metsulfuron-methyl reduced the total productivity in relation to the control treatment without herbicide application and they promoted little gain in commercial productivity. Doses above 15% promoted reduction in the productivity and increase the secondary growth for all the tested herbicides. The dose of 15,58% of Glyphosate was efficient in the secondary growth control. The herbicides of the group sulfonilurea's reduced the productivity or they caused the death of the plants for the studied doses.

**Palavras-chave:** *Allium sativum* L., stress, quality, productivity.

## 1 INTRODUÇÃO

Dentre os aspectos culturais envolvidos na produção de alho nobre, o manejo da irrigação tem apresentado grande destaque na pesquisa nacional, pois esta diretamente ligado ao aumento da produtividade da cultura e a ocorrência de superbrotamento (RESENDE; DUSI; MELO, 2004). O superbrotamento é caracterizado pela excessiva formação de bulbilhos, com tamanho reduzido e baixa aceitação pelo mercado consumidor (SOUZA; MACEDO, 2009). Dentre as causas do superbrotamento em alho estão nitrogênio (TRANI et al., 2008; MAROUELLI et al., 2002), irrigação (MAROUELLI et al., 2002), vernalização (WU et al., 2015), giberelinas (VIEIRA et al., 2014) e cobertura morta (TRANI et al., 2008).

Para melhor bulbificação e controle do superbrotamento deve-se realizar o estresse hídrico durante o período de diferenciação dos bulbilhos (MACEDO et al., 2009). O estresse em plantas induz a formação de ácido abscísico que é o hormônio relacionado à translocação de solutos, abertura e fechamento de estômatos e tem efeito antagônico as giberelinas (TAIZ; ZEIGER, 2013). Segundo Vieira et al. (2014) a formação de ácido abscísico está diretamente ligada à boa formação de bulbos em alho. Ao passo que as giberelinas produzidas durante a vernalização estão ligadas à diferenciação dos bulbilhos e o superbrotamento em alho. Em regiões onde ocorrem chuvas no inverno, principalmente no centro-sul do estado do Paraná, por exemplo, o processo de controle de superbrotamento com estresse hídrico muitas vezes não é totalmente eficiente (RESENDE et al., 2013).

Dentre os herbicidas mais utilizados na agricultura, o glifosato e as sulfonilureias destacam-se pelo amplo espectro de controle de plantas daninhas e pela eficiência em baixas dosagens, respectivamente. Sendo muito utilizados em áreas de produção de hortaliças (NOVO; MIRANDA FILHO, 2006). Os

diferentes grupos químicos dos herbicidas, atualmente utilizados, têm ação nas rotas metabólicas diminuindo ou inibindo a produção de compostos precursores de moléculas importantes para o metabolismo das plantas, como hormônios, clorofilas, dentre outros (SALMAZO, 2009). Devido à grande ação dos herbicidas na fisiologia das plantas o seu uso pode ser uma alternativa ao estresse hídrico na cultura do alho.

Neste trabalho o objetivo foi verificar o efeito de herbicidas no controle de superbrotamento e produtividade em alho vernalizado.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em condições de campo no Setor de Olericultura do Departamento de Agricultura da Universidade Federal de Lavras - UFLA, em Lavras – MG (latitude 21° 14' S, longitude 45° 00' W e 918 m de altitude). O clima de Lavras, segundo a classificação climática de Köppen, é Cwa, temperado chuvoso (mesotérmico) com inverno seco e verão chuvoso.

Os tratamentos foram constituídos de 5 herbicidas: Glifosato (360g L<sup>-1</sup>); Etoxysulfuron (600g kg<sup>-1</sup>); Imazapyr (25g L<sup>-1</sup>); Halosulfuron (750g kg<sup>-1</sup>) e Metsulfuron-metil (600g kg<sup>-1</sup>) e 5 doses (0; 10; 15; 20 e 25% da menor dose usual recomendada para controle de plantas daninhas) em um fatorial 5x5. Foi utilizada a cultivar Quitéria proveniente de cultura de meristemas, multiplicada em telado antiafídeo. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com 3 repetições. As parcelas foram dispostas em canteiros e compostas por 6 linhas arranjadas em fileiras duplas. O espaçamento entre fileiras duplas foi de 37 cm e o espaçamento entre fileiras simples de 12 cm. A densidade de plantio foi de 10 bulbilhos por metro linear. Foram selecionados para plantio os bulbilhos retidos em peneira 3 (malha 8 x 17 mm) com IVD (índice visual de superação de dormência) superior a 70%, sendo posteriormente tratados com o fungicida Rovral<sup>®</sup>. A área útil foi definida pelas quatro fileiras centrais, subtraindo-se ainda 0,2 m nas extremidades da parcela.

A análise química do solo do telado antiafídeo apresentou os seguintes resultados: pH (CaCl<sub>2</sub>): 6,9; Ca<sup>++</sup>: 3,9 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>++</sup>: 0,4 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>; P disponível (extrator Mehlich-1): 36,8 mg.dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup>: 162,0 mg.dm<sup>-3</sup>; matéria orgânica: 2,2 dag.kg<sup>-1</sup>; CTC: 7,3 cmol<sub>c</sub>.dm<sup>-3</sup>, V%: 64,4; S: 6,2 mg.dm<sup>-3</sup>; Zn: 5,7 mg.dm<sup>-3</sup>; Fe: 36,3 mg.dm<sup>-3</sup>; Mn: 17,8 mg.dm<sup>-3</sup>; Cu: 6,6 mg.dm<sup>-3</sup>; B: 0,5 mg.dm<sup>-3</sup> e textura argilosa (48% de argila). O solo foi classificado como Latossolo vermelho distroférico. A calagem e adubação foram realizadas de acordo com

Souza e Macedo (2009) e pela Comissão de Fertilidade do Solo do estado de Minas Gerais (1999), recomendada para a cultura do alho com base na análise do solo, para elevar a saturação por bases a 70%. A adubação de plantio foi constituída de 20 kg ha<sup>-1</sup> de N, 200 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 60 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, 4,5 kg ha<sup>-1</sup> de Mg, 3 kg ha<sup>-1</sup> de B e 3 kg ha<sup>-1</sup> de Zn, utilizando-se como fontes sulfato de magnésio, bórax e sulfato de zinco, respectivamente. Em cobertura, foram aplicados 105 kg ha<sup>-1</sup> de N, sendo dividido em duas parcelas aos 30 e 75 dias após o plantio, com distribuição de 30 e 75 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, utilizando-se como fonte a ureia.

Os bulbos-semente foram submetidos a um período de vernalização de 50 dias, em câmara fria com temperatura média de 4 °C. A aplicação das doses dos herbicidas foi realizada 50 dias após o plantio, durante o estágio de diferenciação dos bulbilhos as parcelas foram isoladas de modo a evitar deriva dos herbicidas.

Os tratos culturais e fitossanitários, bem como os demais cuidados com a cultura, foram realizados de acordo com as necessidades e as recomendações regionais para o alho. A irrigação foi feita por meio de aspersão convencional em intervalos de dois dias com lâmina de 7 mm e foi suspensa 15 dias antes da colheita, visando a melhor conservação pós-colheita dos bulbos.

A colheita foi efetuada durante a fase de senescência das plantas, quando estas apresentavam apenas três folhas verdes em início de secamento e ciclo vegetativo de 125 dias. Após a colheita, as plantas foram secas ao sol por cinco dias e curadas à sombra por 60 dias. Após a cura, foi efetuado o toailete dos bulbos (retirada da palhada e raízes dos bulbos), sendo então anotados os dados de produção. Foram efetuadas as seguintes avaliações: produtividade total de bulbos, percentagem de bulbos superbrotados, produtividade comercial de bulbos, massa média de bulbos comerciais, número de bulbilhos por bulbo da

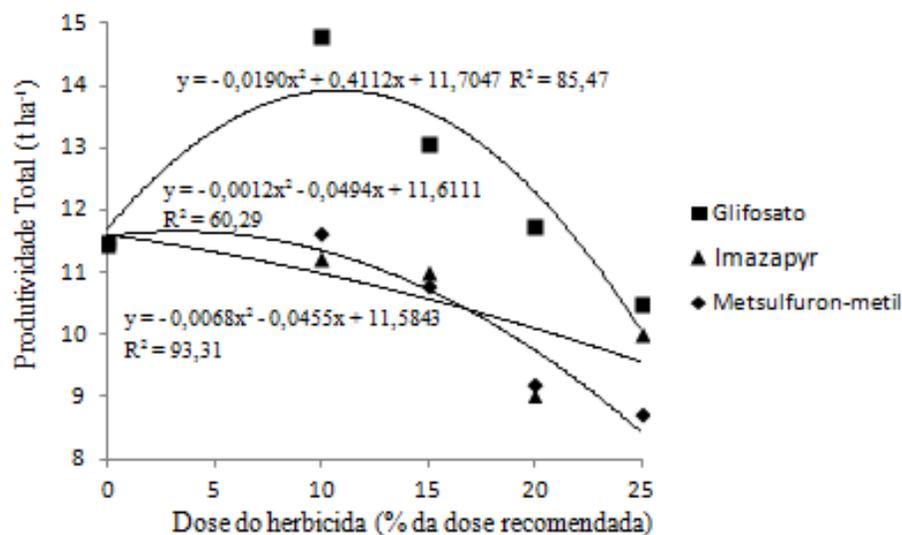
produção comercial e porcentagem de bulbos por classe em função de doses de Glifosato (dividido em três grupos: superbrotados; classes 3 e 4 e classes 5, 6 e 7) .

As análises estatísticas foram feitas com o auxílio do software estatístico Sisvar, v. 4.6 (FERREIRA, 2011), recorrendo-se a análise de regressão a 5% de probabilidade para a interação entre doses e herbicidas e derivação para os pontos de máxima.

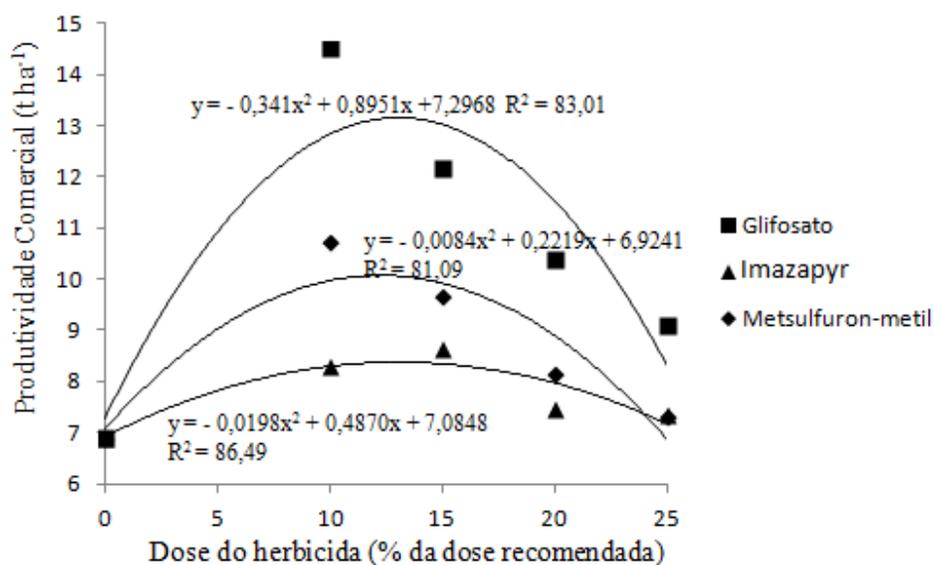
### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os herbicidas Halosulfuron e Etoxysulfuron mostraram-se muito agressivos à cultura do alho, causando a morte de todas as plantas mesmo nas doses mais baixas. Para produção total, produção comercial, percentagem de bulbos superbrotados e massa média de bulbos comerciais houve interação ( $p < 0,05$ ) em função de herbicidas e doses. Não houve efeito significativo para número de bulbilhos dos bulbos comerciais em relação à aplicação de herbicidas e doses.

Observou-se ajuste de equação quadrático ( $p < 0,05$ ) para produtividade total e comercial na interação de herbicidas e doses. Maiores produtividades tanto total quanto comercial foram observadas para o herbicida Glifosato, 13,93 t ha<sup>-1</sup> e 13,16 t ha<sup>-1</sup>, com as doses de 10,81% e 13,12% da dose comercial, respectivamente (Figuras 1 e 2). Os herbicidas Imazapyr e Metsulfuron-metil reduziram a produtividade total em relação à testemunha (sem aplicação de herbicida) e promoveram pouco ganho em produtividade comercial. Mesmo não causando a morte das plantas, semelhante às outras sulfonilureias utilizadas no trabalho, o dano causado por esses herbicidas restringiu o crescimento e como consequência a formação de bulbos.



**Figura 1** Produtividade total em t ha<sup>-1</sup> em função de sub doses de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura do alho



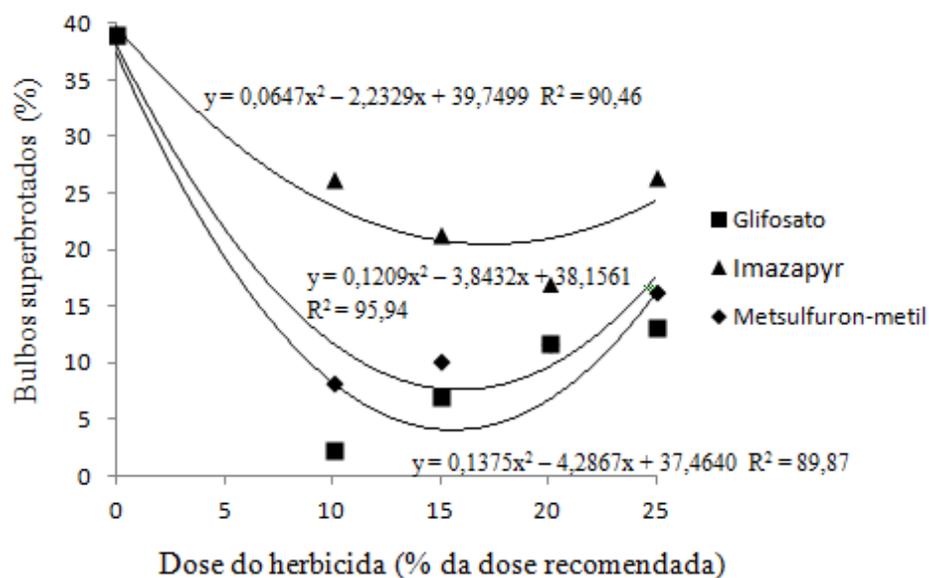
**Figura 2** Produtividade comercial em t ha<sup>-1</sup> em função de sub doses de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura do alho

Fernandes et al. (2010) observaram produtividades total e comercial de 9,1 t ha<sup>-1</sup> e 9,0 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente, utilizando alho obtido através de cultura de meristemas e multiplicado em condições de telado antiafídeo. Em estudo sobre períodos e épocas de estresse hídrico na região de Lavras/MG, Macedo, Souza e Pereira (2006), obtiveram produtividades total e comercial de 11,91 t ha<sup>-1</sup> e 10,25 t ha<sup>-1</sup>. Resende et al. (2001), utilizando o antigiberelínico paclobutrazol observaram produtividade de 6,88 t ha<sup>-1</sup>, causando grande redução no número de folhas e altura de plantas no campo, e por consequência baixas produtividades, além de ser um produto com longo efeito residual no solo e grande toxicidade. Resende et al. (2013) observaram baixas produtividades total e comercial, 3,3 t ha<sup>-1</sup> e 1,7 t ha<sup>-1</sup> respectivamente, utilizando a cultivar Quitéria na região centro-sul do Paraná, contudo não é possível realizar estresse hídrico na região devido às chuvas de inverno, causando grandes perdas em qualidade e produtividade. Observa-se a grande importância do estresse em plantas de alho para a bulbificação e enchimento dos bulbos comparando-se os trabalhos na literatura.

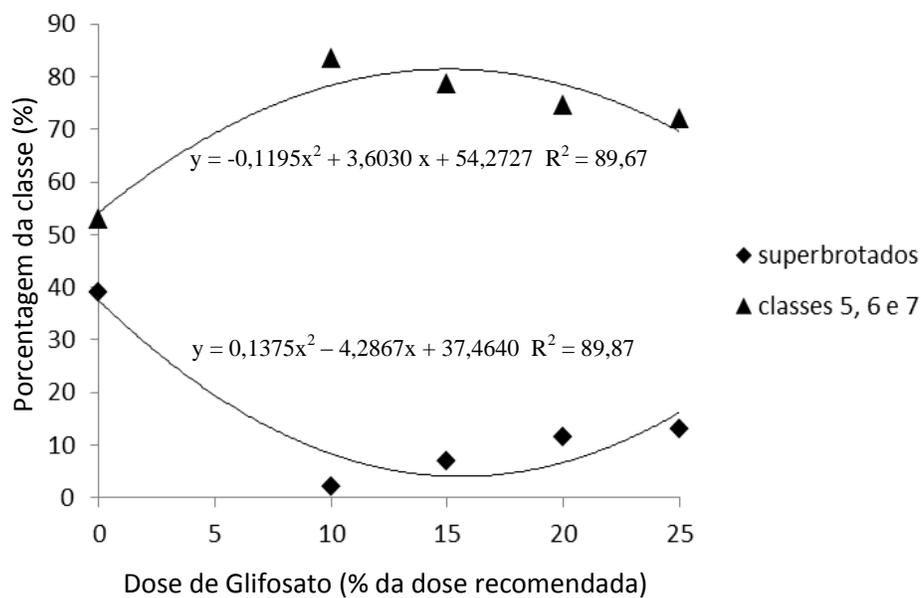
Alguns trabalhos têm demonstrado o potencial do uso de subdoses de herbicidas, como o glifosato, serem aplicadas intencionalmente nas plantas como método para alterar o balanço de alguns processos metabólicos específicos, visando a benefícios no crescimento e/ou produtividade das culturas. Em muitas circunstâncias, o Glifosato pode ser benéfico para plantas cultivadas, desde que aplicado em baixas doses (NEVES, 2009). Olesen e Cedergreen (2010) relatam que baixas doses de Glifosato podem aumentar a taxa de fotossíntese e produção de açúcares. Velini et al. (2008) estudaram o efeito de subdoses de Glifosato em cinco espécies de plantas (soja convencional e RR, eucalipto, pinus, milho e trapoeraba) e concluíram que todas as espécies estudadas, exceto a soja RR, apresentaram estímulo ao crescimento. Godoy (2007) obteve resultados de aumento na absorção de fósforo e maior acúmulo de matéria seca de soja com subdoses de Glifosato. Em trabalhos com subdoses de

Glifosato em algodão foram observados ganhos em produtividade de algodão em caroço e altura de plantas (FURLANI JÚNIOR et al., 2009; NEVES, 2009; ROSA et al., 2011). Conforme Galli e Montezuma (2005), o glifosato pode ser utilizado como maturador para cana-de-açúcar quando aplicado em baixas doses, promovendo ganhos significativos de sacarose, sem ocasionar qualquer efeito negativo sobre a cultura. O aumento na produção de fotoassimilados, pelas subdoses de herbicidas, associado à produção de ácido abscísico causada pelo estresse, pode ter aumentado a produção de bulbos em alho.

Houve ajuste de equação quadrático ( $p < 0,05$ ) para porcentagem de bulbos superbrotados na interação de herbicidas e doses. A menor incidência de superbrotamento 4,05% foi observada para a dose de 15,58% da dose recomendada de Glifosato (Figura 3). Não houve efeito significativo para classes 3 e 4 de bulbos em função de doses de Glifosato. Observa-se efeito quadrático ( $p < 0,05$ ) para bulbos superbrotados e para as classes 5, 6 e 7 em função de doses de Glifosato (Figura 4). Para o herbicida Metsulfuron-metil foram observados 7,61% de incidência de superbrotamento, valor considerado baixo, para a dose de 15,89% da dose comercial, no entanto houve redução na produtividade e tamanho dos bulbos. O herbicida Imazapyr não foi eficiente no controle de superbrotamento com 20,48% de superbrotamento para a melhor dose. Para a testemunha sem aplicação de herbicida e com irrigação recomendada durante todo o ciclo houve mais de 35% de superbrotamento, o que indica que o estresse é necessário para a produção de bulbos com qualidade e sem superbrotamento. Observa-se que a produção de bulbos nas classes 5, 6 e 7 diminui à medida que a porcentagem de bulbos superbrotados aumenta. Bulbos de tamanho pequeno não foram afetados.



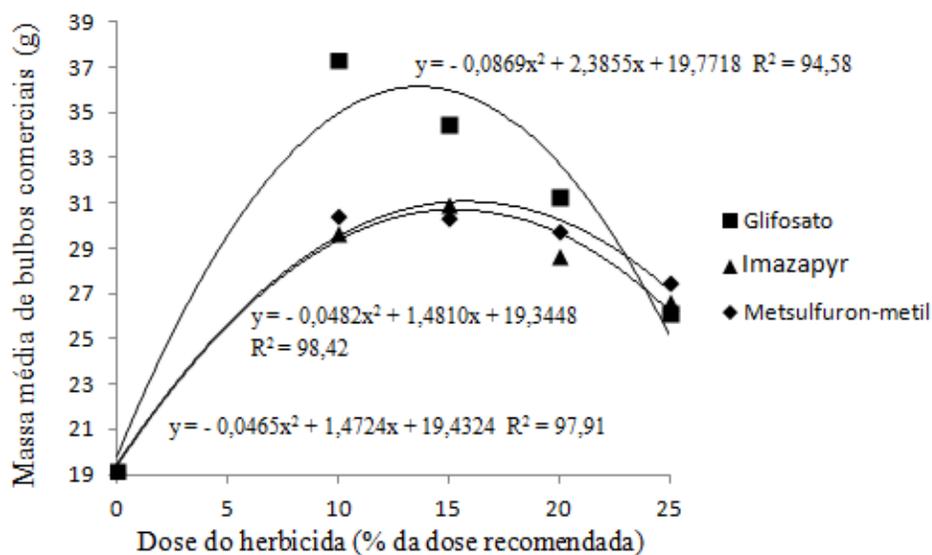
**Figura 3** Porcentagem de bulbos superbotados em função de subdoses de herbicidas aplicados em pós-emergência na cultura do alho



**Figura 4** Classificação por tamanho de bulbos em porcentagem em função de doses de Glifosato

Segundo Macedo, Souza e Pereira (2006) o método de controle de superbrotamento com estresse hídrico apresentou redução linear na porcentagem de bulbos superbrotados, alcançando cerca de 4% de incidência dessa anomalia com 20 dias sem irrigação a partir dos 55 dias após o plantio (DAP). Para regiões onde não ocorre inverno chuvoso, esse método é o mais adequado, sendo eficiente no controle de superbrotamento e garantindo altas produtividades. Resende et al. (2013) obtiveram 26,6% de superbrotamento para a cultivar Quitéria quando não se utilizou nenhum método de estresse no controle de superbrotamento, no entanto no mesmo trabalho algumas cultivares apresentaram mais de 90% de superbrotamento a campo. O controle de superbrotamento utilizando herbicidas pode sofrer variações em função de condições climáticas e de aplicação, embora tenha apresentado bons resultados são necessários maiores estudos em diferentes regiões e com diferentes doses e mecanismos de ação. Observa-se eficiência tanto do glifosato quanto do Metsulfuron-metil no controle de superbrotamento, quando aplicados em doses baixas, podendo ser uma alternativa viável ao estresse hídrico.

Houve efeito quadrático ( $p < 0,05$ ) para massa média de bulbos comerciais na interação de herbicidas e doses. A maior massa média de bulbos comerciais 35,75g foi observada para a dose de 15,83% da dose comercial de Glifosato (Figura 5). Doses acima de 15% da dose comercial reduziram a massa média dos bulbos comerciais e aumentaram a incidência de superbrotamento, causando prejuízos diretos na qualidade e produtividade para todos os herbicidas testados.



**Figura 5** Massa média de bulbos comerciais em gramas em função de subdoses de herbicidas em pós-emergência na cultura do alho

Macedo, Souza e Pereira (2006) observaram incremento linear na massa média de bulbos comerciais com o aumento do período de estresse hídrico até 20 dias. Com o estresse hídrico ocorre maior estoque de assimilados em órgãos subterrâneos como rizomas, tubérculos e bulbos, em relação à parte aérea, sendo que quanto maior a exposição ao déficit hídrico, maior será o favorecimento ao acúmulo de assimilados nestes órgãos (TAIZ; ZEIGER, 2013). Observa-se que o efeito dos herbicidas também promoveu a translocação de assimilados para os bulbos, já que houve incremento na massa média de bulbos comerciais.

#### **4 CONCLUSÃO**

A dose de 15,58% de Glifosato foi eficiente no controle de superbrotamento. Os herbicidas do grupo sulfonilureia reduziram a produtividade ou causaram a morte das plantas para as doses estudadas.

## REFERÊNCIAS

- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DE MINAS GERAIS. **Recomendações para o uso de fertilizantes e corretivos em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa, MG, 1999. 359 p.
- FERNANDES, L. J. C. et al. Resposta de plantas de alho livres de vírus ao nitrogênio em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 28, p. 97-101, 2010.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 35, p. 1039-1042, 2011.
- FURLANI JUNIOR, E. et al. Efeito de subdoses de glifosato na produtividade do algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009, Foz do Iguaçu. **Anais...** Campina grande: Embrapa Algodão, 2009. p. 1295-1300.
- GALLI, A. J. B.; MONTEZUMA, M. C. **Glifosato:** alguns aspectos da utilização do herbicida glifosato na agricultura. São Paulo: ACADCOM, 2005. 66 p.
- GODOY, M. C. **Efeitos do glifosato sobre o crescimento e absorção de fósforo pela soja.** 2007. 53 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia)-Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias, Botucatu, 2007.
- MACÊDO, F. S. et al. Produtividade de alho vernalizado proveniente de cultura de meristemas em função de doses de nitrogênio e molibdênio. **Bragantia**, Campinas, v. 68, n. 3, p. 657-663, 2009.
- MACÊDO, F. S.; SOUZA, R. J.; PEREIRA, G. M. Controle de superbrotamento e produtividade de alho vernalizado sob estresse hídrico. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 41, p. 629-635, 2006.

MAROUELLI, W. A. et al. Produção e qualidade de alho sob regimes de água no solo e doses de nitrogênio. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 20, n. 2, p. 191-194, 2002.

NEVES, D. C. **Efeito da aplicação de subdoses de glifosato em algodoeiro**. 2009. 51 f. Monografia (Graduação em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2009.

NOVO, M. C. S. S.; MIRANDA FILHO, H. S. Tuberização de dois cultivares de batata sob aplicação de sulfoniluréias. **Planta Daninha**. Viçosa, MG, v. 24, n. 1, p. 115-121, 2006.

OLESEN, C. F.; CEDERGREEN, N. Glyphosate uncouples gas exchange and chlorophyll fluorescence. **Pest Management Science**, West Sussex, v. 66, n. 5, p. 536-542, 2010.

RESENDE, F. V.; DUSI, A. N.; MELO, W. F. **Recomendações básicas para a produção de alho em pequenas propriedades**. Brasília: EMBRAPA-CNPQ, 2004. 12 p. (Comunicado Técnico, 22).

RESENDE, G. M. et al. Produtividade e qualidade de bulbos de alho em diferentes doses de paclobutrazol e períodos de frigorificação. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 25, n. 6, p. 1343-1350, 2001.

RESENDE, J. T. V. et al. Caracterização morfológica, produtividade e rendimento comercial de cultivares de alho. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 3, p. 157-162, 2013.

ROSA, C. E. et al. Aplicação de subdoses de glifosato e características vegetativas e produtivas do algodoeiro. CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 8.; COTTON EXPO, 1., 2011, São Paulo. **Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2011. p. 605-611. 1 CD ROM.

SALMAZO, P. B. **Efeitos de subdoses de sulfoniluréias na produtividade e qualidade de tubérculos de batata (*Solanum tuberosum* L.)**. 2009. 93 p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2009.

SOUZA, R. J.; MACÊDO, F. S. **Cultura do alho: tecnologias modernas de produção**. Lavras: UFLA, 2009. 181 p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 5. ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TRANI, P. E. et al. Produtividade e pseudoperfilhamento do alho influenciados pelo nitrogênio, potássio e cobertura morta. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v. 26, p. 330-334, 2008.

VELINI, E. D. et al. Glifosato applied at low doses can stimulate plant growth. **Pest Management Science**, West Sussex, n. 64, p. 489–496, 2008.

VIEIRA, R. L. et al. In vitro morphogenesis of garlic plants: The role of growth regulators in bulb induction and development. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 3, p. 439-435, 2014.

WU, C. et al. Growth, bolting and yield of garlic (*Allium sativum* L.) in response to clove chilling treatment. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 194, p. 43-52, 2015.

## CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso de herbicidas como fonte de estresse mostrou-se eficiente no controle de superbrotamento em alho, especialmente o Glifosato, que promoveu aumento de produtividade e baixo índice de superbrotamento. Herbicidas podem ter respostas diferentes em função de fatores ambientais, idade da planta, cultivar, dentre outros fatores. Recomenda-se maiores testes em outras áreas, outros tipos de solo para maior confiança na aplicação de subdoses de herbicidas.

### Sugestões de pesquisa

- Efeito de herbicidas seletivos registrados a cultura do alho: Oxydiazon, Linuron, Loxynil, Pendimethalin, Cletodin e Flumioxazina.
- Interação de subdoses de herbicidas com doses de nitrogênio.
- Interação de subdoses de herbicidas com laminas de irrigação.