

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
CENTRO DE CIÊNCIAS RURAIS
GABRIEL DALLA COSTA

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS PARA A CULTURA DO ALHO CULTIVAR
CHONAN**

Curitibanos

2019

GABRIEL DALLA COSTA

**SELETIVIDADE DE HERBICIDAS PARA A CULTURA DO ALHO CULTIVAR
CHONAN**

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em
Agronomia do Centro de Curitibanos da Universidade
Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção
do Título de Bacharel em Engenharia Agrônômica.
Orientador: Prof. Dra. Naiara Guerra

Curitibanos

2019

DALLA COSTA, Gabriel
SELETIVIDADE DE HERBICIDAS PARA A CULTURA DO ALHO
CULTIVAR CHONAN / Gabriel DALLA COSTA ; orientador, Naiara
Guerra, 2019.
38 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) -
Universidade Federal de Santa Catarina, Campus
Curitibanos, Graduação em Agronomia, Curitibanos, 2019.

Inclui referências.

1. Agronomia. I. Guerra, Naiara . II. Universidade
Federal de Santa Catarina. Graduação em Agronomia. III.
Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA
Coordenação do Curso de Graduação em Agronomia
Rodovia Trilíneas, s/nº - 89074-900
CP: 101 CEP: 89074-900 - Curitiba - SC
TELEFONE (48) 2721-2176 E-mail: agronomia.civ@contato.ufsc.br

GABRIEL DALLA COSTA

Seletividade de herbicidas para a cultura do alho cultivar Chonan

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi julgado adequado para obtenção do Título de Engenheiro Agrônomo, e aprovado em sua forma final pelo Curso de Graduação em Agronomia.

Curitiba, 14 de junho de 2019.

Prof. Dra. Elis Borelioni
Coordenadora do Curso

Banca Examinadora:

Profa. Dra. Naiara Guerra
Orientadora

Universidade Federal de Santa Catarina

Prof. Dr. Paulo César Poeta Firmiro Júnior
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Dra. Viviane Glaser
Membro da banca examinadora
Universidade Federal de Santa Catarina

AGRADECIMENTOS

Este trabalho é dedicado aos meus queridos pais que me deram força e que me custearam ao longo dos anos, a Deus que me manteve à frente de tudo e todos e aos meus amigos. Um abraço especial aos meus colegas de república que compartilharam grandes momentos seja na sala de aula ou a frente da churrasqueira. Também agradeço a Agropecuária RIKA por fornecer os insumos e incentivar a pesquisa.

RESUMO

A cultura do alho tem grande importância para o estado de Santa Catarina, principalmente para a microrregião de Curitibanos. Muitos agricultores têm como sua principal fonte de renda o cultivo desta olerícola. Assim como muitas outras culturas o alho está sujeito ao efeito prejudicial da interferência das plantas daninhas, sendo necessário a adoção de medidas para o controle destas espécies. Atualmente o principal método utilizado no alho é o controle químico, contudo o alho é extremamente sensível aos herbicidas, podendo sofrer injúrias e redução de produtividade dependendo dos produtos utilizados, modalidade de aplicação, dose, cultivar, etc. Assim o objetivo do presente estudo foi avaliar a seletividade de herbicidas pré emergentes na cultura do alho cultivar Chonan, aplicados em pré ou pós emergência. Para isso foi conduzido em casa de vegetação um experimento em delineamento inteiramente casualizado, com quatro repetições. O experimento contou com 16 tratamentos, dispostos em esquema fatorial 8 x 2. O primeiro fator é representado por uma testemunha sem herbicida e sete herbicidas (linuron, diuron, pendimethalin, s-metolachlor, oxyfluorfen, flumioxazin e oxydiazon). E o segundo fator a época da aplicação (pré emergência ou pós emergência). Foi avaliado a fitointoxicação, taxa fotossintética, diâmetro de bulbos e produtividade da cultura do alho. A cultura do alho é extremamente responsiva aos diferentes herbicidas que são utilizados para o controle de plantas daninhas. De maneira geral as aplicações em pré-emergência foram mais seletivas em comparação com as de pós emergência. Os herbicidas linuron, diuron, s-metolachlor e oxadiazon aplicados na pré emergência e s-metolachlor, oxyfluorfen, flumioxazin e oxadiazon em pós-emergência foram os menos seletivos para a cultura do alho, cultivar Chonan. O pendimethalin foi o herbicida que apresentou maior seletividade, para a cultivar Chonan, independentemente da época de aplicação.

Palavras-chave: *Allium sativum*. Controle químico. Plantas daninhas. Fitointoxicação.

ABSTRACT

The garlic culture has great importation to the state of Santa Catarina, primarily in the center of the Curitibanos microregion. Agricultural mowings of the recipe of cultivation of orancocola. As a result, the world of the world has become increasingly harmful to the interference of weeds, and it is necessary to adopt measures for the controversial judgment. The main method used in the chemical diet is the contamination of the herbicides, which can be injurious and reduces the productivity depending on the products used, application modality, dose, cultivar, etc. Thus you are planning to present here also a promise of herbicides of pre-emergence herbicides and garlic culture, applied in pre or post emergence. It is also possible to create a variety of products, including quail repetitions, randomized, with four replicates. He experimented with a condom with 16 treatments, arranged and fat fatfat 8 x 2. It has the high dose of herbicides (linuron, diuron, pedimenthalin, s-metolachlor, oxyfluorfen, flumioxazin and oxydiazon). It is a fatty epoch and application (preemergence or postemergence). In the case of avocado, the photosynthetic, the bulbs dizzy and productivity of the garlic culture. The culturally highlighted responsibility for herbicides is that the use of weeds is the use of weeds. To make a general application in preemergón were selective but compared to the post-emergence. Herbicides linuron, diuron, s-metolachlor and oxadiazon applied and pre-emergence and s-metolachlor, oxyfluorfen, flumioxazin and oxadiazon in post-emergence were the least selective for garlic culture, Chonan cultivar. The pendimethalin of herbicidal as well as aprico greater celebrity, for cultivating Chonan, independently the epoque of application.

Keywords: *Allium sativum*. Chemical control. Weedphytointoxication.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Tratamentos utilizados em experimento de seletividade de herbicidas de pré e pós emergência na cultura do alho. Curitiba-SC, 2018.....	19
Tabela 2 - Caracterização química e física do solo na camada 0 – 20 cm, antes da implantação do experimento. Curitiba, SC, 2018.....	22
Tabela 3 – Fitointoxicação (%) das plantas de alho após a aplicação de herbicidas em pré ou pós-emergência. Curitiba, SC, 2018.....	23
Tabela 4 – Taxa de assimilação líquida de carbono - A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) plantas de alho após a aplicação de herbicidas em pré ou pós-emergência. Curitiba, SC, 2018.....	25
Tabela 5 – Condutância estomática – Gs ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) plantas de alho após a aplicação de herbicidas em pré ou pós-emergência. Curitiba, SC, 2018.....	26
Tabela 6 – Concentração interna de CO_2 – Ci (ppm) plantas de alho após a aplicação de herbicidas em pré ou pós-emergência. Curitiba, SC, 2018.....	27
Tabela 7 – Transpiração – E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), plantas de alho após a aplicação de herbicidas em pré ou pós-emergência. Curitiba, SC, 2018.....	28
Tabela 8 – Eficiência fotossintética no uso da água - EUA (mm mol de H_2O) de plantas de alho após a aplicação de herbicidas em pré ou pós-emergência. Curitiba, SC, 2018.....	29
Tabela 9 – Diâmetro de bulbos (mm) e Produtividade (kg ha^{-1}) de plantas de alho após a aplicação de herbicidas em pré ou pós-emergência. Curitiba, SC, 2018.....	30

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	9
1.1	JUSTIFICATIVA	10
1.2	OBJETIVOS	10
1.2.1	Objetivo Geral	10
1.2.2	Objetivos Específicos	10
2	REFERÊNCIAL TEÓRICO	11
2.1	A CULTURA DO ALHO	11
2.2	PLANTAS DANINHAS DO ALHO	11
2.3	MÉTODOS DE CONTROLE	12
2.4	SELETIVIDADE DE HERBICIDAS PARA A CULTURA DO ALHO	12
2.5	MECANISMO DE AÇÃO DOS HERBICIDAS	14
2.5.1	Inibidores de Fotossistema II	14
2.5.2	Inibidor da Polimerização De Tubulina	15
2.5.3	Inibidor da Divisão Celular	16
2.5.4	Inibidor Prottox	16
3	MATERIAL E MÉTODOS	18
3.1	INSTALAÇÕES.....	18
3.2	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	18
3.3	CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO.....	19
3.4	AVALIAÇÕES.....	21
3.5	ANÁLISE ESTATÍSTICA.....	22
4	RESULTADO E DISCUSSÃO	23
5	CONCLUSÃO	32
	REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

Dentro da olericultura brasileira, a cultura do alho é destaque em importação do produto. Tendo como principais fornecedores o país vizinho Argentina, na Europa a Espanha e na Ásia a China. Essa importação se deve muito pelo valor elevado pago pelo produto nacional. Antigamente era mais robusto, casca grossa, sendo o importado com casca mais fina e delicado. Porém isso vem mudando com a introdução de novas variedades lançadas e também se notou um aumento na área total colhida (MOROZINI et al., 2005).

Segundos dados da Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2017a) a produção de alho no Brasil está estimada em 119,16 mil toneladas em 2017, esse número mostra redução de 9,0% em relação a produção do ano anterior. A produção nacional se dá principalmente por quatro estados, que são Minas Gerais com 52 mil toneladas, Goiás com 29,6 mil toneladas, Santa Catarina com 20,9 mil toneladas seguido pelo estado do Rio Grande do Sul que é estimada em 15,5 mil toneladas.

Em Santa Catarina temos destaque no aumento da produção de alho na safra 2016/2017, mesmo com dados de diminuição de área de cultivo (CONAB, 2017b). Segundo a Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina (EPAGRI, 2009), na respectiva safra foram colhidas 20,9 mil toneladas e se obteve um aumento de 63,2% da produção. Com expectativa de crescimento para as próximas safras devido as novas tecnologias, pesquisas sobre manejo e cultivares do alho.

A microrregião de Curitibanos- SC sendo considerada a capital do alho, se destacou na safra 2016/2017, juntamente com a cidade de Joaçaba no aumento considerável da produção da cultura no sul do país e se tem perspectiva de que essa produção continue a aumentar para a próxima safra em 27%, chegando a aproximadamente a 19 mil toneladas colhidas (CERON, 2017).

No cultivo do alho, é necessário que se faça o controle das plantas daninhas, pois as mesmas podem reduzir significativamente a produção final da cultura. Tendo em vista que a cultura demanda grandes investimentos o controle das plantas daninhas deve ser feito corretamente, caso contrário a produtividade pode ser comprometida.

1.1 JUSTIFICATIVA

O controle das plantas daninhas no alho é geralmente feito por medidas químicas, que demandam o uso de herbicidas com diferentes mecanismos de ação. Como os estudos sobre a cultura do alho são antigos, o presente trabalho visa testar herbicidas para quantificar os efeitos da toxicidade à planta de alho, principalmente quando utilizados em cultivares mais novas, que muitas vezes são menos tolerantes e rústicas que as mais antigas.

Além disso, é frequente entre os produtores de alho da região de Curitiba o uso de herbicidas de pré-emergência em plantas de alho já emergidas, contudo, esta prática é feita de maneira empírica, sem saber o real efeito destes herbicidas na lavoura.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

Avaliar a seletividade de herbicidas aplicados em pré e pós emergência na cultura do alho (cultivar Chonan) na região de Curitiba-SC.

1.2.2 Objetivos Específicos

Após a aplicação dos princípios ativos em pré e pós emergência na cultivar de alho Chonan, serão avaliados em seguintes parâmetros.

- A fitotoxicidade de herbicidas sobre as plantas de alho após a aplicação de diferentes princípios ativos em pré e pós emergência;
- O efeito dos herbicidas sobre a emergência da cultura;
- O efeito dos herbicidas sobre os parâmetros fotossintéticos das plantas de alho;
- O diâmetro do bulbo, o qual é responsável pela classificação do produto final;
- O efeito dos herbicidas sobre a produtividade da cultura do alho.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A CULTURA DO ALHO

A cultura do alho foi introduzida no Brasil pelos chineses, tendo sua produção mais efetiva nas regiões de Minas Gerais com uma produção de 52,0 mil toneladas, e Goiás produzindo aproximadamente 29,6 mil toneladas (CONAB, 2017a). Posteriormente produtores chineses se instalaram nas proximidades da região de Curitiba- SC, trazendo a tradição da cultura para o Sul do país, mais especificamente para a região da serra catarinense (LUCCINI, 2008).

Em 2017 o Brasil produziu aproximadamente 119,16 mil toneladas de alho, um aumento de 0,4% em comparação com o ano anterior (CONAB, 2017a), ficando atrás de países como o Egito, Estados Unidos e do maior produtor mundial que é a China, que apesar de não possui a maior produtividade por hectare possui a maior área cultivada, que é de 489,2 mil hectares (CARVALHO; CRUZ, 2002). A área cultivada com alho no Brasil em 2017 foi de 11,1 mil hectares, representando aproximadamente 12 mil caixas de 10kg (CONAB, 2017a). Segundo Luccini (2013) o consumo nacional de alho por habitante é de 1,4 kgano⁻¹.

O cultivo do alho é viável em quase todas as regiões do país, para que isso seja possível, o produtor deve escolher a cultivar que atenda as características climáticas da região. Contudo, o alho é mais indicado para regiões que possuem temperaturas médias entre 13°C e 24°C (LUCCINI, 2008).

2.2 PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO ALHO

A interferência das plantas daninhas é um fator de grande importância quando relacionado a produção, pois a cultura do alho é muito afetada pela competição por água, nutrientes, luz e espaço, ainda as plantas daninhas também podem liberar substâncias alelopáticas e impedir o desenvolvimento da cultura, além de servir como fonte de inóculo para pragas e doenças e dificultar a colheita (EPAGRI, 2009).

O controle das plantas daninhas deve ser efetuado de forma correta, para que no período crítico, que é o período onde as plantas daninhas causam maior interferência para a planta cultivada, estas já estejam controladas. Deve-se estar atento ao controle das plantas daninhas até no período de colheita, pois caso haja a presença destas espécies na área, esta operação será dificultada, o que acarreta em um aumento na mão-de-obra e redução no valor de venda, pois

os bulbos podem ser danificados quando arrancados do solo (EPAGRI, 2009;FREITAS; FALEIRO, 2011).

O período denominado crítico para a cultura do alho, em geral, se tem início aos 25 dias após o plantio que é quando as reservas do bulbilho se esgota, a partir daí a olerícola começa a fazer uso dos nutrientes provenientes do solo. Esse controle deve ser efetuado até aproximadamente 120 dias após a emergência, que é o período médio que a cultura necessita para estar pronta para a colheita (LUCINI, 2009). Já segundo Contieiro (2003), para a cultura do alho poder expressar aos níveis máximos de produtividade, deve estar livre de plantas daninhas dos 20 até os 100 dias após a implantação.

Esse longo período em que é necessário a adoção de medidas de controle ocorre devido a planta do alho apresentar folhas estreita, com porte semiereto e geralmente de pequeno porte. Essas características resultam em baixa cobertura do solo, não proporcionando o fechamento das entre linhas, isso faz com que o desenvolvimento de plantas daninhas seja mais facilitado. Além disso a cultura exige solos de alta fertilidade e isso faz com que as plantas daninhas cresçam vigorosamente, necessitando de controle (FERREIRA; SILVA, 1987).

As plantas daninhas mais comuns encontradas nas lavouras de alho em Curitiba-SC são *Urochloaplantaginea*(papuã), *Digitaria horizontalis* (milhã), *Cenchrusechinatus* (capim-carrapicho), *Bidens pilosa* (picão-preto), *Emiliasonchifolia* (falsa-serralha), *Amaranthusdeflexus* (caruru) e *Euphorbiaheterophylla* (leiteiro) (SPADER; VIDAL, 2000; DEFESA VEGETAL, 2017).

O conhecimento da comunidade de plantas daninhas é de grande importância, pois tendo pleno conhecimento da morfologia e fisiologia da planta, podem indicar o quanto as plantas de interesse são parecidas e/ou diferentes das plantas invasoras, pois quanto mais similares são as plantas mais suas exigências nutricionais e hábitos de crescimento são semelhantes (PITELLI; DURIGAN, 1985) o que resultará em uma competição mais acirrada. Além disso, quanto mais semelhanças entre a espécie cultivada e daninha, maior é a dificuldade para se realizar o controle das plantas daninhas de forma seletiva à cultura.

2.3 MÉTODOS DE CONTROLE DE PLANTAS DANINHAS NA CULTURA DO ALHO

Devido a necessidade de encanteiramento para o plantio do alho, o controle das plantas daninhas no momento do plantio é bastante efetivo. Segundo Contieiro (2003), a ocorrência de plantas daninhas nos estágios iniciais é baixa, porém quando a cultura do alho necessita de

maiores quantidades de nutrientes e água, acaba ficando em desvantagem devido à baixa capacidade competitiva da cultura, além do baixo porte e crescimento lento.

As duas principais medidas utilizadas para o controle das plantas daninhas no alho são o controle mecânico e o químico. O controle mecânico é realizado por meio do revolvimento do solo no momento da implantação dos canteiros e também pode ser feito através de capinas, no entanto, este último requer tempo e grande disponibilidade de mão de obra, além de ter o inconveniente de trazer prejuízos a cultura por meio do corte dos bulbos ainda em formação. Já o controle químico, é o mais difundido e deve ser realizado a partir do momento que avaliações prévias sejam efetuadas, pois deve-se levar em consideração quais plantas daninhas são mais frequentes na área. Segundo Luccini (2010) deve-se ter conhecimento das plantas daninhas que ocorreram em cultivos antecedentes, para que se possa fazer uma combinação correta de diferentes mecanismos de ação, almejando o controle máximo das plantas daninhas, não esquecendo da calibração dos equipamentos

2.4 SELETIVIDADE DE HERBICIDA À CULTURA DO ALHO

Os herbicidas são amplamente utilizados para o controle das plantas daninhas nas culturas comerciais, isso se deve pela rapidez e facilidade para efetuar o controle (GALON et al., 2011). Porém, a aplicação dos herbicidas só é amplamente utilizada como método de controle em função da seletividade da molécula herbicida à cultura de interesse.

Segundo Inoue e Oliveira Jr. (2011) a seletividade é definida como a capacidade de uma molécula herbicida matar ou causar a redução no crescimento de plantas de uma determinada espécie, e ao mesmo tempo, não prejudicar as plantas de interesse comercial. Quanto maior a diferença na sensibilidade entre a planta de interesse e a planta daninha, maior será a segurança da seletividade do herbicida.

Contudo, a seletividade é caracterizada como um fator que é relativo ou não absoluto, pois pode variar com a dose do herbicida, a cultivar, as condições edafoclimáticas e momento de aplicação (OLIVEIRA JR; INOUE, 2011). A seletividade dos herbicidas deve ser de total compreensão para que se possa aplicá-lo em uma cultura, pois deve ter o conhecimento espacial entre os tecidos sensíveis da cultura de interesse e das doses que eles devem ser aplicados (GARCIA et al., 1994; INOUE; OLIVEIRA, 2011).

O alho é uma cultura que apresenta problemas em relação a sensibilidade a herbicidas, muitas vezes sofre grande danos por fitointoxicação, o que leva a muitos produtores a utilizarem

subdoses de herbicidas com o intuito de tentarem solucionar este problema. Porém, o uso de subdoses não é aconselhado, pois pode comprometer o controle e ainda resultar em aumento na seleção de plantas daninhas resistentes.

Segundo dados fornecidos pela Agencia de Defesa Agropecuária do Paraná (ADAPAR, 2019) os herbicidas utilizados no presente trabalho que possuem registros para a cultura do alho são linuron, pendimethalin, flumioxazin e oxadiazon todos com ação principalmente em pré-emergência.

2.5 MECANISMOS DE AÇÃO DOS HERBICIDAS

Para melhor compreensão da atividade dos herbicidas nas plantas, no trabalho foram abordados quatro mecanismos de ação distintos, dos quais atuam em rotas diferente na planta. Os mecanismos de ação utilizados são, inibidor do fotossistema II, inibidor da polimerização da tubulina, inibidor da divisão celular e inibidor de protox. Estes mecanismos de ação são os dos herbicidas utilizados no presente trabalho.

2.5.1 Inibidores de fotossistema II

Os herbicidas que inibem o fotossistema II, são o linuron e o diuron, ambos de ação em pré-emergência, também são conhecidos como inibidores do transporte de elétrons (BALKE, 1985), pois, quando em contato com a planta, ele remove ou inibe os carreadores intermediários do transporte dos elétrons (plastoquinona). Devido a ação pré-emergente do mecanismo, ele é mais facilmente absorvido pelo sistema radicular, mas não impede que seja absorvido pelas folhas, caso a aplicação em pós emergência seja realizada, a aplicação deve ser uniforme para que seja efetiva (OLIVEIRA, 2009).

A ação destes herbicidas acontece na membrana tilacóides dos cloroplastos, através do bloqueio do transporte de elétrons das proteínas quinonas (Q) do grupo Qa para o Qb, tal evento interrompe a fixação do CO₂ e a produção de ATP e NADPH₂, que por sua vez, interrompem o crescimento e desenvolvimento da planta (OLIVEIRA, 2009). Quando se utiliza os inibidores de fotossistema II, é interessante que a planta seja exposta ao sol, pois como a cadeia de elétrons é interrompida, a peroxidação dos lipídeos e proteínas ocorre de forma mais acelerada. Altas temperaturas causam a expulsão de água das células e acelera o a desidratação das membranas o que faz com que a planta se desintegre mais rapidamente (BARTELS, 1985).

O linuron (Afalon SC[®]) é um produto que possui registro para utilização no alho, é seletivo para monocotiledôneas, logo, controla dicotiledôneas presentes na área, que tem sua eficiência comprovada em pré e pós emergência. A reaplicação do produto deve atender no mínimo 60 dias após a primeira aplicação, e a reentrada na área é de 24 horas (ADAPAR, 2019).

O diuron (DiuronNortox 500[®]) é um produto que não possui registro para o uso na cultura do alho, sua aplicação permite que se controle plantas em pré e pós emergência, quando utilizado em pré-emergência controla de modo geral plantas de folhas largas e quando em pós, tem ação em algumas folhas estreitas. O intervalo de segurança das culturas registradas varia de 60 a 120 dias (ADAPAR, 2019).

2.5.2 Inibidor da polimerização de tubulina

A perda da função dos microtúbulos faz com que as células das raízes fiquem entumecidas e os tecidos meristemáticos comprometidos, inibindo o alongamento das células que irão promover o desenvolvimento (SENSEMAN, 2007). Seu espectro de ação ocorre com alta eficiência em gramíneas, sendo baixo ou até nula sua efetividade em dicotiledôneas, podendo ser utilizado em pré-emergência (OLIVEIRA, 2009).

Os herbicidas inibidores da polimerização da tubulina atuam na planta de modo a não permitir que a lignina se organize para formar a parede celular (OLIVEIRA, 2009), o mecanismo de controle atua de modo a se ligar as proteínas, que são os principais constituintes dos microtúbulos, tal estrutura é responsável pelo alinhamento e separação dos cromossomos durante a mitose, levando as células a desconfiguração física e perda da função (SENSEMAN, 2007).

O pendimethalin (Herbadox 400[®]) é um produto que possui registros para a aplicação em alho, de ação pré-emergente que controla monocotiledôneas no início do desenvolvimento e algumas dicotiledôneas. O intervalo de segurança é de 1 dia e a reentrada de pessoas na área é também de 24 horas (ADAPAR, 2019).

2.5.3 Inibidor da divisão celular

O mecanismo de inibição da divisão celular atua de modo a inibir a síntese de ácidos graxos de cadeia muito longa (VLCFA), a absorção do herbicida ocorre pela parte aérea e principalmente pelas raízes, isso faz com que o herbicida seja preferencialmente utilizado em pré-emergência (OLIVEIRA, 2009). O mecanismo de ação atua de modo mais eficiente em gramíneas, nas dicotiledôneas tem pouco espectro de ação. Em plantas monocotiledôneas a absorção se dá principalmente pela estrutura aérea e das dicotiledôneas principalmente pelo sistema radicular (UNIVERSITY OF MINNESOTA, 2009).

A ação fitotóxica destes herbicidas se dá principalmente pela inibição da síntese de proteínas nos meristemas apicais (raízes e parte aérea), o mecanismo de ação faz com que a divisão celular seja paralisada, assim o tamanho das células é aumentado causando a paralização do crescimento radicular e aéreo. Afetando também a síntese de lipídeos, formação de cutícula e a alongação foliar (UNIVERSITY OF MINNESOTA, 2009).

O s-metolachlor (Dual Gold[®]) é um produto não recomendado para utilização na cultura do alho, de pré-emergência que controla principalmente plantas de folhas monocotiledôneas, porém tem ação efetiva com algumas dicotiledôneas. O intervalo de segurança é somente utilizado para a cultura do algodão, que permite que se aplique uma vez em pré e outra em pós emergência. Nas demais culturas só é permitido uma aplicação do produto na área (ADAPAR, 2019).

2.5.3 Inibidor Protox

O herbicida inibidores da protoporfirinoxidase (PROTOX ou PPO) são absorvidos pelas plantas, por raízes, caules, folhas e plântulas novas, apresentam baixa ou nula translocação pelos tecidos e são ativados dentro da planta devido a intensidade luminosa que atinge as folhas. As estruturas que entram em contato com o herbicida sofrem com a fitointoxicação momentânea e já dá início a morte da planta (OLIVEIRA, 2009).

O mecanismo de ação atua na planta de modo a oxidar a enzima protoporfirinogênio oxidase a protoporfirina IX, que por sua vez é um precursor da síntese de clorofila. A inibição da enzima faz com que moléculas complexas de lipídeos e proteínas sejam peroxidadas, assim resultando a perda na produção de clorofila e carotenoides bem como o rompimento das membranas, estes eventos farão com que as estruturas da planta se desidratem e desintegram rapidamente (OLIVEIRA, 2009). O herbicida possui pouca movimentação do solo, então

quando aplicados em pré-emergência o contato ocorre na superfície do solo, assim controlando plantas indesejadas logo no início do desenvolvimento facilitando o controle. O principal sintoma é de necrose das folhas de um a três dias após a aplicação e quando aplicado em pós emergência pode causar injurias em plantas tolerantes e se tornar mais efetivo devido a maior absorção do produto pelas folhas (OLIVEIRA, 2009).

O oxyfluorfen (Goal BR[®]) é um produto que não possui registro para a cultura do alho, tem ação pré-emergente e pós emergente inicial, tem efeito de contato que controla folhas dicotiledôneas e monocotiledôneas. O intervalo de segurança varia de 2 a 135 dias nas culturas que possuem registro (ADAPAR, 2019).

O flumioxazin (Flumyzin 500[®]) é um produto que possui registro para ser utilizado na cultura do alho, possui eficiência no controle de plantas em pré emergência. O intervalo de segurança permite somente uma aplicação no dia do plantio ou no máximo dois dias depois do plantio, pois causa alta fitointoxicação no alho em pós emergência (ADAPAR, 2019)

O oxadiazon (Ronstar 250 BR[®]) é um produto que possui registro para ser utilizado na cultura do alho, tem ação em pré e pós emergência para controle de plantas daninhas, tem ação em folhas mono e dicotiledôneas. Deve ser aplicado no alho na data do plantio ou no máximo dois dias depois, pois tem alto grau de fitointoxicação na cultura de interesse quando aplicado em pós emergência (ADAPAR, 2019).

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 INSTALAÇÕES

O experimento foi conduzido em casa de vegetação localizada na Universidade Federal de Santa Catarina, situada no município de Curitibanos SC, no período de 05/07/2018 a 24/11/2018. A região tem a ocorrência de temperaturas baixas no inverno, apresentando geadas nos dias mais frios. A casa de vegetação teve as condições controladas durante todo o ciclo da planta, as aplicações em pré e pós emergência foram efetuadas fora da casa de vegetação, para que não ocorresse a contaminação entre os diferentes tratamentos, da casa de vegetação ou mesmo de outros experimentos que ali estavam.

3.2 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

O experimento foi conduzido em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC). Foram testados 16 tratamentos, com quatro repetições, disposto em esquema fatorial 8 x 2, onde o primeiro fator é representado pelos herbicidas e uma testemunha e o segundo fator pela época de aplicação do herbicida (pré ou pós-emergência das plantas de alho). Na Tabela 1 são apresentados os tratamentos herbicidas bem como as doses utilizadas e mecanismo de ação.

Tabela 1. Tratamentos utilizados em experimento de seletividade de herbicidas em pré e pós emergência na cultura do alho. Curitiba-SC, 2018.

	Época de aplicação	Herbicida	Mecanismo de Ação do Herbicida	Dose (g ha ⁻¹ .a)	Dose (p.c. ha ⁻¹)
1	PRÉ	Testemunha sem herbicida	-	-	-
2	PRÉ	Linuron ¹	Inibidor do FSII	810	1,8 L
3	PRÉ	Diuron ³	Inibidor do FSII	1000	2,0 L
4	PRÉ	Pedimenthalin ¹	Inibidor da polimerização de tubulina	1600	4,0 L
5	PRÉ	S-metolachlor ³	Inibidor da divisão celular	1200	1225 L
6	PRÉ	Oxyfluorfen ²	Inibidor de PROTOX	720	3,0 L
7	PRÉ	Flumioxazin ¹	Inibidor de PROTOX	40	80 g
8	PRÉ	Oxadiazon ¹	Inibidor de PROTOX	1000	4,0 L
9	PÓS	Testemunha sem herbicida	-	-	-
10	PÓS	Linuron ¹	Inibidor do FSII	810	1,8 L
11	PÓS	Diuron ³	Inibidor do FSII	1000	2,0 L
12	PÓS	Pedimenthalin ¹	Inibidor da polimerização de tubulina	1600	4,0 L
13	PÓS	S-metolachlor ³	Inibidor da divisão celular	1200	1225 L
14	PÓS	Oxyfluorfen ²	Inibidor de PROTOX	720	3,0 L
15	PÓS	Flumioxazin ¹	Inibidor de PROTOX	40	80 g
16	PÓS	Oxadiazon ¹	Inibidor de PROTOX	1000	4,0 L

¹ registrado para o alho; ² registrado para a cebola; ³ sem registro para alho ou cebola; PRÉ: aplicação dos herbicidas no dia do plantio do alho; PÓS: Aplicação dos herbicidas 21 dias após o plantio do alho. Doses prescritas em bula, segundo Rodrigues e Almeida (2011)

3.3 CONDUÇÃO DO EXPERIMENTO

As unidades experimentais foram compostas por vasos com volume de 11 litros. Estes foram preenchidos com o solo que foi proveniente da Fazenda Experimental Agropecuária da Universidade Federal de Santa Catarina, que fica localizada na estrada que faz a conexão da Cidade de Curitiba a comunidade de São Cristóvão, que apresentou os parâmetros químicos e físicos demonstrados Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização química e física do solo na camada 0 – 20 cm, antes da implantação do experimento. Curitibaanos, SC, 2018.

Profundidade cm	MO ⁽¹⁾ g dm ⁻³	pH CaCl ₂	P ⁽²⁾ mg dm ⁻³	K ⁺⁽²⁾	Ca ⁺²⁽³⁾	Mg ⁺²⁽³⁾	V	Argila	Silte	Areia
				-----cmol _c dm ⁻³ -----				-----%-----		
0 - 20	37,63	4,3	6,92	0,16	2,18	0,67	21,09	58,75	18,75	22,50

MO = Matéria orgânica; V = Saturação por bases. ⁽¹⁾ Combustão úmida; ⁽²⁾ Mehlich-1. ⁽³⁾ KCl 1 mol L⁻¹; pH medido em solução de CaCl₂.

Devido a elevada acidez do solo (Tabela 2), foi realizada a calagem 60 dias antes da implantação do experimento para que ocorresse a reação do calcário com o solo. O alho é uma cultura que não tolera altos níveis de H⁺ e Al³⁺ no solo. A adubação de base foi 1500 kg ha⁻¹ do formulado NPK 09-33-12. O plantio foi realizado de modo que o espaçamento utilizado à campo fossem respeitados, sendo feito o plantio de 3 bulbilho por vaso.

A cultivar utilizada no experimento foi a Chonan, sendo uma variedade considerada nobre e precoce, com ciclo de aproximadamente 125 dias. As regiões que mais se adaptam para o cultivo do alho são regiões de baixadas, onde a irrigação é facilitada devido à alta demanda de água que a cultura necessita (SOBRINHO et al., 1993).

A aplicação dos herbicidas em pré-emergência, foi realizada nos tratamentos de 2 a 8 no dia 05/07/2018, logo após o plantio dos bulbilhos de alho (Figura 1a). A aplicação em pós emergência foi realizada no dia 26/07/2018, 21 dias após o plantio, quando as plantas de alho se encontravam com 3 folhas (Figura 1b).

Figura 1. Época de aplicação dos herbicidas em pré (a) e pós emergência (b). Curitibaanos, SC, 2018.



Para ambas as aplicações foi utilizado um pulverizador costal pressurizado à CO₂ que proporciona precisão no ajuste de pressão e vazão constante para que as doses sejam utilizadas conforme prescritas em bula onde há uniformidade ideal para cada herbicida. O pulverizador possuía barra de 2 metros de comprimento, contendo 4 pontas de jato plano modelo 110.015, espaçadas em 0,5 m. A pressão de trabalho foi de 25 psi, velocidade de deslocamento de 1 m s⁻¹ o que proporcionou taxa de aplicação de 150 L ha⁻¹.

A aplicação em pré-emergência foi realizada no dia 05/07/2018, entre as 10h45 e 11h15, as condições ambientais foram: temperatura do ar de 23,7°C, umidade relativa do ar de 58%, ausência de vento e solo úmido. Na aplicação em pós emergência (26/07/2018 entre as 14h00 -14h45) a temperatura do ar foi de 20,6°C, umidade relativa do ar de 63%, ausência de ventos e solo úmido. É importante destacar que em ambas as aplicações as condições ambientais estavam dentro das recomendadas para aplicação de produtos fitossanitários (temperatura < 25°C, umidade relativa do ar >55% e ausência de ventos) (EMBRAPA, 2005).

Foram realizadas duas adubações nitrogenada em cobertura, usando ureia como fonte de N (45% de N), sendo que 28 dias após o plantio foi aplicado 0,67g de ureia representando 120 kg h⁻¹, calculado através da área do vaso, a segunda aplicação de ureia foi realizada 60 DAE com a mesma quantidade da primeira aplicação.

O manejo fitossanitário foi efetuado conforme o necessário, evitando aplicações de produtos fitossanitários que pudessem causar fitotoxicidade às plantas. As plantas daninhas que

emergiram nos vasos foram arrancadas manualmente, a fim de se evita a interferência e se isolar o efeito dos herbicidas sob as plantas de alho.

Os herbicidas utilizados foram doados pela agropecuária RIKA®, por isso nos forneceu todos os produtos que os produtores fazem ou já fizeram uso para o controle de plantas daninhas nas lavouras de alho.

3.4 AVALIAÇÕES

Para determinar o efeito dos tratamentos sobre as plantas de alho foram realizadas avaliações visuais de fitointoxicação. Nestas avaliações levou-se em consideração, os danos foliares causados pelos herbicidas, o quanto eles prejudicaram a emergência dos bulbilhos, a altura e o estágio de desenvolvimento das plantas. Para esta avaliação adotou-se a escala visual da Sociedade Brasileira da Ciência das Plantas Daninhas (SBCPD, 1995) variando entre zero e 100%, onde zero representa a ausência de sintomas e 100% a morte das plantas. Foram realizadas três avaliações, aos 28, 36 e 49 dias após a aplicação em pré-emergência (DAAPré) e aos 7, 15 e 28 dias após a aplicação em pós emergência (DAAPós).

As análises fotossintéticas foram realizadas aos 36 e 49 DAAPré e 15 e 28 DAAPós com um analisador de gases no infravermelho (IRGA) modelo LI-6400 XT. As avaliações foram feitas no terço médio da terceira folha completamente expandida com radiação fotossinteticamente ativa de $800 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, sendo coletado dados do fluxo de gases nos estômatos ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), concentração interna de CO_2 (ppm) taxa de assimilação líquida de carbono ($\mu\text{mol CO}_2 \text{m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e eficiência fotossintética no uso da água ($\text{mm mol de H}_2\text{O}$) durante as primeiras horas de atividade fotossintética da planta sendo das 9hrs as 12hrs da manhã.

Na pré colheita dos bulbos determinou-se o número de plantas por vaso, após a colheita as plantas foram levadas para galpão para passar pelo processo de cura e então avaliou-se o diâmetro (mm) e peso dos bulbos para poder classificar em escala comercial e a influência na produtividade (kg ha^{-1}).

3.5 ANÁLISE ESTATÍSTICA

Os dados obtidos nas avaliações descritas anteriormente foram submetidos a análise de variância pelo teste F (5% de probabilidade). Como o fator época de aplicação apresentou apenas dois níveis o teste F foi conclusivo. Já para a comparação entre diferentes herbicidas foi utilizado o teste de grupamento de Scott Knott a 5% de probabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Na tabela 3 estão apresentados os resultados de porcentagem de fitointoxicação das plantas de alho. De maneira geral, quando os herbicidas foram aplicados em pré emergência as plantas de alho apresentaram menores do que a aplicação em pós emergência, porém houve um significativo atraso na emergência da cultura. Os maiores atrasos foram causados principalmente pelas moléculas de s-metolachlor, oxyfluorfen e oxadiazon.

As aplicações em pós-emergência apresentaram sintomas de necrose foliar nos tratamentos com oxyfluorfen, flumioxazin e oxadiazon e observados ao longo de todo o ciclo da cultura, reduzindo o crescimento das plantas e a área foliar.

Tabela 3. Fitointoxicação (%) das plantas de alho após a aplicação de herbicidas em pré ou pós-emergência. Curitiba, SC, 2018.

Herbicida	% de fitointoxicação plantas de alho											
	28DAAPré/ 7DAAPós				36DAAPré / 15DAAPós				49DAAPré / 28DAAPós			
	Pré		Pós		Pré		Pós		Pré		Pós	
Testemunha	0,00	bA	0,00	dA	0,00	bA	0,00	dA	0,00	bA	0,00	cA
Linuron	0,00	bA	4,00	dA	0,00	bA	4,50	dA	0,00	bA	3,00	cA
Diuron	0,00	bA	3,00	dA	0,00	bA	3,00	dA	0,00	bA	3,50	cA
Pedimenthalin	0,00	bA	4,00	dA	4,00	bA	7,00	cA	3,00	aA	4,00	cA
S-metolachlor	9,75	aA	9,25	cA	11,00	aA	8,50	cA	7,75	aA	6,75	cA
Oxyfluorfen	3,00	bB	63,75	aA	6,00	aB	58,75	aA	4,00	aB	41,25	aA
Flumioxazin	0,00	bB	13,75	cA	0,00	bB	13,00	cA	0,00	bB	4,75	cA
Oxadiazon	0,00	bB	46,25	bA	0,00	bB	41,25	bA	0,00	bB	33,75	bA
CV(%)	39,58				50,90				43,88			

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si segundo o teste F, a 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si segundo o teste de Scott Knott, a 5% de probabilidade. DAAPré: Dias após a aplicação em pré emergência. DAAPós: Dias após a aplicação em pós emergência.

O oxyfluorfen e oxadiazon aplicados em pós emergência causaram as maiores porcentagens de fitointoxicação mesmo aos 28 DAA pós, com 41,25% e 33,75%, respectivamente, estes resultados mostram que as plantas não conseguiram se recuperar totalmente dos sintomas causados por estes herbicidas. Ambas as moléculas são inibidores de protox sendo os mais agressivos em pós emergência. Os mecanismos de ação que inibem o fotossistema II, inibidor da divisão celular e inibição de polimerização de tubulina,

respectivamente, linuron e diuron, s-metolachlor e pedimenthalin foram os tratamentos que apresentaram menores porcentagens de fitointoxicação, tanto em pré quanto em pós emergência. Ao analisarmos o s-metolachlor (inibidor da divisão celular), percebemos que, a cultura apresentou uma resposta de melhora em relação aos sintomas de intoxicação ao longo das avaliações. Evento que também foi observado por Haramoto (2018).

Tabela 4. Taxa de assimilação líquida de carbono - A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) plantas de alho após a aplicação de herbicidas em pré ou pós-emergência. Curitibaanos, SC, 2018.

Herbicida	Taxa de assimilação líquida de carbono - A ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)			
	36DAAPré e 15DAAPós		49DAAPré e 28DAAPós	
	Pré	Pós	Pré	Pós
Testemunha	19,52 aA	21,67 aA	16,59 aA	16,07 aA
Linuron	17,95 aA	15,03 aA	16,90 aA	14,82 aA
Diuron	15,38 aA	19,32 aA	17,07 aA	14,53 aA
Pedimenthalin	17,03 aA	18,87 aA	18,41 aA	15,67 aA
S-metolachlor	16,23 aA	15,88 aA	15,72 aA	15,60 aA
Oxyfluorfen	17,59 aA	17,85 aA	14,81 aA	17,77 aA
Flumioxazin	17,40 aA	15,76 aA	17,22 aA	15,27 aA
Oxadiazon	14,99 aA	16,82 aA	15,51 aB	8,95 bA
CV(%)	18,58		18,72	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si segundo o teste F, a 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si segundo o teste Scott Knott, a 5% de probabilidade. DAAPré: Dias após a aplicação em pré emergência. DAAPós: Dias após a aplicação em pós emergência.

Para a taxa de assimilação líquida de carbono (Tabela 4) notou-se que a aplicação de todos os herbicidas em pré-emergência não afetou esta variável em nenhuma das avaliações. Já o oxadiazon, aplicado em pós emergência, afetou esta variável para a última avaliação (28 DAAPós), causando redução na taxa de assimilação líquida de carbono próximo a 50% se comparado com a testemunha sem herbicida e com a aplicação deste mesmo herbicida na pré-emergência. O oxadiazon é uma molécula inibidora de protox, que atua na oxidação da enzima protoporfirinogênio oxidase a protoporfirina IX, essa reação faz com que ocorra a peroxidação de moléculas complexas como lipídeos e proteínas que posteriormente serão transformadas em clorofila (BECERRIL; DUKE,1989; OLIVEIRA JR, 2001). Assim verificou-se que os

sintomas de fitointoxicação não são somente momentâneos e podem causar danos que são irreparáveis no ciclo da cultura.

Tabela 5. Condutância estomática – Gs ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$) plantas de alho após a aplicação de herbicidas em pré ou pós-emergência. Curitibaanos, SC, 2018.

Herbicida	Condutância estomática – Gs ($\text{mol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)			
	36DAAPré e 15DAApós		49DAAPré e 28DAApós	
	Pré	Pós	Pré	Pós
Testemunha	0,31 aA	0,34 aA	0,57 aA	0,54 aA
Linuron	0,49 aA	0,36 aA	0,54 aA	0,59 aA
Diuron	0,42 aA	0,45 aA	0,54 aA	0,66 aA
Pedimenthalin	0,40 aA	0,35 aA	0,61 aA	0,60 aA
S-metolachlor	0,31 aA	0,32 aA	0,44 aA	0,44 bA
Oxyfluorfen	0,45 aA	0,40 aA	0,45 aA	0,42 bA
Flumioxazin	0,43 aA	0,17 aB	0,55 aA	0,29 cB
Oxadiazon	0,30 aA	0,24 aA	0,51 aA	0,21 cB
CV(%)	35,89		19,23	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si segundo o teste F, a 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si segundo o teste Scott Knott, a 5% de probabilidade. DAAPré: Dias após a aplicação em pré emergência. DAApós: Dias após a aplicação em pós emergência.

Na Tabela 5, são apresentados os dados de condutância estomática, tal evento está relacionado a quantidade de seiva que as folhas conseguem translocar (GRANIER et al., 1996), sendo que os valores de condutância estomática estão diretamente relacionados com a falta de água que circula dentro da planta (MORAES; PRADO, 1998). Observando os resultados da Tabela 5, percebe-se que as plantas que tiveram os maiores níveis fitointoxicação (Tabela 3), são os mesmos tratamentos que tiveram os menores níveis de condutância estomática. O tratamento com o flumioxazin em pós emergência apresentou redução na condutância estomática em comparação com a aplicação em pré-emergência, já primeira avaliação. Os tratamentos com os herbicidas inibidores da protox (oxyfluorfen, flumioxazin e oxadiazon) e o inibidor da divisão celular (s-metolachlor) foram os que reduziram significativamente a condutância estomática quando aplicados em pós emergência se comparados com a testemunha. Sendo o flumioxazin e oxadiazon os com o maior impacto negativo para esta variável. A

redução na condutância estomática faz com que os estômatos não se fechem, almejando a perda de água.

Tabela 6. Concentração interna de CO₂ – Ci (ppm) plantas de alho após a aplicação de herbicidas em pré ou pós-emergência. Curitiba, SC, 2018.

Concentração interna de CO ₂ – Ci (ppm)								
Herbicida	36DAAPré e 15DAAPós				49DAAPré e 28DAAPós			
	Pré		Pós		Pré		Pós	
Testemunha	288,59	aA	282,15	aA	356,11	aA	349,61	aA
Linuron	337,17	aA	260,61	aB	359,15	aA	354,93	aA
Diuron	338,92	aA	317,94	aA	358,91	aA	354,21	aA
Pedimenthalin	327,23	aA	314,96	aA	353,77	aA	353,86	aA
S-metolachlor	311,01	aA	264,02	aA	341,43	aA	343,36	aA
Oxyfluorfen	319,33	aA	305,24	aA	348,53	aA	338,01	aA
Flumioxazin	325,45	aA	235,09	aB	352,39	aA	315,96	aB
Oxadiazon	291,21	aA	292,78	aA	348,69	aA	341,26	aA
CV(%)	11,65				5,86			

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si segundo o teste F, a 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si segundo o teste Scott Knott, a 5% de probabilidade. DAAPré: Dias após a aplicação em pré emergência. DAAPós: Dias após a aplicação em pós emergência.

Para a concentração interna de carbono (Tabela 6) verificou-se que o tratamento com flumioxazin aplicado em pós emergência apresentou menor valor para esta variável quando comparado com a aplicação em pré-emergência, em ambas as avaliações. Este herbicida atua na oxidação da protoporfirinogênio oxidase a protoporfirina IX. A presença desse radical livre é formada, que é altamente reativo, provoca a peroxidação das moléculas complexas como os lipídeos e proteínas, que são precursoras de novas moléculas de clorofila (BECERRIL; DUKE, 1989; OLIVEIRA JR, 2001).

O herbicida flumioxazin causou redução também na condutância estomática (Tabela 5) e a ocorrência de baixa movimentação de seiva nos estômatos faz com que os estômatos não se fechem durante altas temperaturas, assim não mantem água na planta.

Tabela 7. Transpiração – E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$), em plantas de alho após a aplicação de herbicidas em pré ou pós-emergência. Curitibaanos, SC, 2018.

Transpiração – E ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2} \text{s}^{-1}$)				
Herbicida	36DAAPré e 15DAAPós		49DAAPré e 28DAAPós	
	Pré	Pós	Pré	Pós
Testemunha	4,08 aA	5,03 aA	7,57 aA	8,01 aA
Linuron	4,83 aA	5,72 aA	6,35 aB	8,38 aA
Diuron	4,55 aA	7,63 aA	6,65 aB	8,90 aA
Pedimenthalin	4,61 aA	6,20 aA	7,42 aA	7,97 aA
S-metolachlor	3,71 aA	6,00 aA	5,97 aA	6,17 bA
Oxyfluorfen	5,37 aA	8,20 aA	6,41 aA	5,87 bA
Flumioxazin	5,69 aA	4,05 aA	7,83 aA	4,08 cB
Oxadiazon	4,16 aA	5,72 aA	7,37 aA	3,19 cB
CV(%)	37,50		17,69	

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si segundo o teste F, a 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si segundo o teste Scott Knott, a 5% de probabilidade. DAAPré: Dias após a aplicação em pré emergência. DAAPós: Dias após a aplicação em pós emergência.

Durante a análise referente à transpiração os herbicidas s-metolachlor(inibidor da divisão celular) e oxyfluorfen, flumioxazin e oxadiazon(inibidores de protox), aplicados em pós-emergência, resultaram em menor transpiração (Tabela 7).

Estes resultados correlacionam-se com a condutância estomática, pois quanto menor a condutância estomática os estômatos estarão fechados e por isso há uma redução na perda de água por meio da transpiração. Sendo assim, herbicidas que reduziram a transpiração foram os mesmo que causaram menores níveis de condutância estomática (Tabela 5). Segundo a Adapar (2019) os inibidores de protox devem ser aplicados em pré emergência pois causam alta degradação nas plantas de alho, assim não permitindo que a planta consiga transpirar e mobilizar açúcares.

Tabela 8. Eficiência fotossintética no uso da água - EUA (mm .mol de H₂O) de plantas de alho após a aplicação de herbicidas em pré ou pós-emergência. Curitiba, SC, 2018.

Eficiência fotossintética no uso da água - EUA (mm mol de H ₂ O)					
Herbicida	36DAApré e 15DAApós		49DAApré e 28DAApós		
	Pré	Pós	Pré	Pós	
Testemunha	4,99 aA	4,37 aA	2,25 aA	2,01 bA	
Linuron	3,70 aA	5,06 aA	2,70 aA	1,75 bA	
Diuron	3,40 aA	2,52 aA	2,54 aA	1,64 bA	
Pedimenthalin	3,71 aA	3,07 aA	2,52 aA	1,99 bA	
S-metolachlor	4,53 aA	4,32 aA	2,72 aA	2,57 bA	
Oxyfluorfen	3,44 aA	2,29 aA	2,31 aA	3,04 aA	
Flumioxazin	3,03 aA	4,08 aA	2,19 aB	4,39 aA	
Oxadiazon	4,30 aA	3,07 aA	2,13 aA	3,11 aA	
CV(%)	46,20		31,67		

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si segundo o teste F, a 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si segundo o teste Scott Knott, a 5% de probabilidade. DAApré: Dias após a aplicação em pré emergência. DAApós: Dias após a aplicação em pós emergência.

A eficiência fotossintética no uso da água (EUA) é representada pela relação entre a taxa de assimilação líquida de carbono e a transpiração. Os resultados desta variável são apresentados na Tabela 8. Não foi observada diferença para esta variável na primeira avaliação, independentemente da época de aplicação e do herbicida testado. Para a segunda avaliação (49DAApré e 28DAApós) notou-se que os maiores níveis de EUA ocorreram para oxyfluorfen, flumioxazin e oxadiazon aplicados em pós emergência, isto deve-se aos mesmos terem apresentados os menores valores de transpiração, interferindo assim na EUA.

Tabela 9. Diâmetro de bulbos (mm) e Produtividade (kg ha⁻¹) de plantas de alho após a aplicação de herbicidas em pré ou pós-emergência. Curitibaanos, SC, 2018.

Herbicida	Diâmetro (mm)				Produtividade (kg ha ⁻¹)			
	Pré		Pós		Pré		Pós	
Testemunha	38,40	aA	39,26	aA	8575,00	aA	8019,69	aA
Linuron	31,80	bA	36,33	aA	5460,94	bA	6599,68	aA
Diuron	34,61	bA	36,04	aA	6916,56	bA	7272,19	aA
Pedimenthalin	40,00	aA	36,17	aA	8937,50	aA	7594,06	aA
S-metolachlor	30,86	bA	36,21	aA	6771,56	bA	5844,06	bA
Oxyfluorfen	37,90	bA	35,94	aA	8967,19	aA	5795,00	bB
Flumioxazin	40,33	aA	31,08	bB	9832,81	aA	4256,88	cB
Oxadiazon	34,78	bA	27,34	bB	5465,94	bA	3880,00	cA
CV(%)	2,23				6,43			

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha não diferem entre si segundo o teste F, a 5% de probabilidade. Médias seguidas de mesma letra minúscula na coluna não diferem entre si segundo o teste Scott Knott, a 5% de probabilidade. DAAPré: Dias após a aplicação em pré emergência. DAAPós: Dias após a aplicação em pós emergência.

Na tabela 9 estão relacionados os resultados de diâmetro e produtividade dos bulbos. A maioria dos herbicidas (linuron, diuron, s-metolachlor, oxyfluorfen e oxadiazon) causou redução no diâmetro dos bulbos quando aplicados em pré-emergência. Para a aplicação em pós emergência somente os herbicidas flumioxazin e oxadiazon afetaram esta variável, sendo que mostraram menor diâmetro se comparado com a aplicação em pré-emergência. Isso demonstra que a escolha do herbicida a ser utilizado na cultura e a época de aplicação influenciam na produtividade.

Para classificação de diâmetro de bulbos comerciais foi utilizada o padrão da Embrapa (MAPA, 1999), onde bulbos menores que 32 mm não são considerados bulbos comerciais. Nota-se que os bulbos obtidos nos tratamentos com flumioxazin e oxadiazon em pós emergência estariam classificados em não comerciais. Dentre os herbicidas aplicados em pré-emergência, teríamos somente o linuron, com diâmetro de 31,8 mm, não classificado como bulbos comerciais. A desvantagem na produção de bulbos com menor diâmetro é que estes têm menor valor comercial, sendo que os bulbos inferiores a 32 mm são destinados apenas para a indústria (MAPA, 1999).

Ao observar os resultados de produtividade (Tabela 9) nota-se que de maneira geral as aplicações em pré-emergência foram mais seletivas que as de pós emergência. O linuron e

oxadiazon em pré emergência resultaram em produtividades de 5460,94 e 5465,94kg ha⁻¹, o que equivale a 36,33% e 36,27% de redução na produtividade em comparação com a testemunha, respectivamente. Nesta modalidade de aplicação, o diuron e s-metolachlor também reduziram a produtividade se comparado a testemunha sem herbicida, apresentando produtividade de 6916,56 e 6771,56kg ha⁻¹, respectivamente, o que equivale a reduções de 19,35% e 21,00%. Os tratamentos que não afetaram a produtividade de bulbos quando aplicados em pré-emergência foram o pedimenthalin, oxyfluorfen e flumioxazin.

Em pós emergência, os tratamentos com s-metolachlor, oxyfluorfen, flumioxazin e oxadiazon tiveram produtividades inferiores a testemunha, apresentando redução em relação a testemunha de 27,13%; 27,74%; 46,93% e 51,61%, respectivamente. Estes herbicidas foram os que também apresentaram a menor condutância estomática na análise fotossintética (Tabela 5), e o oxyfluorfen e oxadiazon demonstraram também as maiores porcentagens de fitointoxicação (Tabela 3). A maior condutância estomática proporciona melhor troca de gases na folha, diminuindo a temperatura do dossel e melhorando o fluxo de CO₂(tabela 5)(SHARMA-NATU; GHILYAL, 2005). Estudos de Fisher et al. (1998) com 41 seleções de trigo mostraram que a condutância estomática foi dentre as características fotossintéticas a que mais teve correlação com a produtividade. Como observado no presente trabalho. Os herbicidas mais seletivos para a aplicação em pós emergência foram o linuron, diuron e pedimenthalin, com produtividade oscilando entre 6599,68 e 7594,19 kg ha⁻¹.

Analisando os resultados gerais deste trabalho observa-se que dentre os herbicidas estudados o pendimethalin foi o que apresentou a maior seletividade para a cultura do alho, independentemente da época de aplicação. Esse herbicida possui registro somente para aplicação em pré-emergência da cultura do alho, todavia, demonstrou resultados satisfatórios quando utilizado em pós emergência, sendo assim o melhor dos tratamentos utilizados, devido à alta seletividade. Segundo Haramoto (2018) este herbicida é uma ótima alternativa para o controle de plantas daninhas no alho, pois apresenta excelente controle para as principais plantas daninhas infestantes da cultura.

Mohite et al. (2015) avaliando o efeito de herbicidas na produção e qualidade de bulbos de alho, verificaram que o pendimethalin aplicado na pré-emergência do alho apresentou maior característica de qualidade, como diâmetro de bulbos, e maior produtividade se comparado ao oxyfluorfen também em pré-emergência. Estudos de Rahman et al. (2012) e Ali et al. (2017) também concluíram que o pendimethalin foi o melhor tratamento para controle de plantas daninhas e seletividade na cultura do alho. Sendo assim, conclui-se que é de extrema

importância o conhecimento dos mecanismos de ação dos produtos que serão utilizados, pois quando aplicados de forma incorreta podem inviabilizar a produção de lavouras, afetando financeiramente o produtor. Desta forma, demonstra-se a importância de trabalhos como o apresentado, a fim de auxiliar o produtor em sua prática.

5 CONCLUSÃO

A cultura do alho é extremamente responsiva aos diferentes herbicidas que são utilizados para o controle de plantas daninhas.

De maneira geral as aplicações em pré-emergência foram mais seletivas em comparação com as aplicações em pós-emergência.

Os herbicidas linuron, diuron, s-metolachlor e oxadiazon aplicados na pré-emergência e s-metolachlor, oxyfluorfen, flumioxazin e oxadiazon em pós-emergência foram os menos seletivos para a cultura do alho, cultivar Chonan.

O pendimethalin foi o herbicida que apresentou maior seletividade, para a cultivar Chonan, independentemente da época de aplicação.

REFERÊNCIAS

- ADAPAR. Agencia de Defesa Agropecuária do Paraná. Curitiba-PR. 2019. Disponível em: <http://www.adapar.pr.gov.br>. Acesso em: 25/02/2019.
- ALI, N. et al. Efficacy of herbicides for weed control in garlic (*Allium sativum* L.). **Journal of Environmental and Agricultural Science**, v.12, p.19-24, 2017.
- BALKE, N.E., Herbicide effects on membrane functions. **Weed Physiology**. Boca Raton. v. 2, pg. 113-119. 1985.
- BARTELS, P.G., Effects of herbicides on photosynthesis. **Weed Physiology**. Boca Raton. v. 2, pg. 64-91. 1985.
- BECERRIL, J. M.; DUKE, S. O. Protoporphyrin IX content correlates with activity of photobleaching herbicides. **Plant Physiology**. Washington. v. 90, n. 4, p.1175-1181, 1989.
- CERON, A. Santa Catarina avança na produção de alho e tem safra de 20,2 mil toneladas. **Secretaria de Estado da Agricultura e da Pesca**. 2017. Disponível em: <<http://www.epagri.sc.gov.br/?p=22235>>. Acesso em: 14 ago. 2017.
- CARVALHO, B.C.L.; CRUZ, A.C.A cultura do alho na Bahia: Situação atual e perspectivas. **Bahia agricultura**. 2002.
- CONAB, (Companhia Nacional de Abastecimento). **Conjunto mensal do Alho**. Janeiro/2017. 2017a.
- CONAB, (Companhia Nacional de Abastecimento). **Conjunto mensal do alho**. Dezembro/2017. 2017b.
- CONTIERO, R. et al. Diferentes períodos de competição de plantas daninhas na cultura do alho em Marechal Cândido Rondon- PR. **Unioeste**. 2003.
- DEFESA VEGETAL. <. Disponível em: <http://www.defesavegetal.net> >. Acesso em: Set 2017.
- EMBRAPA, (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Sistema de produção de Ameixa Européia**). Embrapa Uva e Vinho. 2005
- EPAGRI, (Empresa de Pesquisa Agropecuária e Extensão Rural de Santa Catarina). **Etapas da cultura do alho em Santa Catarina**. Curitiba-SC, 2009.
- FERREIRA, F.A., SILVA, J. F. Herbicidas na cultura do alho. **Informe agropecuário**. v. 4, n. 48, pg. 5558.1987.
- FISCHER, R.A. et al. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. **Crop Science**, v.38, p.1467-1475, 1998.

- FREITAS, M.; FALEIRO, V. Pragas quarentenárias para a cultura do alho no Brasil. In: **Jem análise agrícola**. 2011.
- GARCIA, D. et al. Controle de plantas daninhas e seletividade de herbicidas em alho. **Ciência rural**. Santa Maria- RS. v.24, n. 3, pg. 453-457. 1994.
- GALON, L. Seletividade de herbicidas às culturas pelo uso de protetores químicos. **Revista Brasileira de Herbicidas**. v.10, n.3, pg.291-304. set/dez, 2011.
- GALON, L. et al. Características fisiológicas de biótipos de *Conyzabonariensis* resistentes ao glyphosate cultivados sob competição. **Planta Daninha**.v.31, p.859-66. 2013.
- GRANIER, A.H.R.; BARIGAH, S. T. Transpiration of natural rain forest and its dependence on climatic factors. **Agricultural and Forest Meteorology**. P.19-29. 1996.
- HARAMOTO, R. **Controle de plantas daninhas e seletividade de herbicidas de pré-emergência para a cultura do alho**. 2018. 23f. Trabalho de Conclusão de Curso (Agronomia) – Universidade Federal de Santa Catarina, Curitibanos-SC, 2018.
- LUCCINI, M. **Alho perspectiva safra 2013/14**. Empresa de pesquisa agropecuária e extensão rural de santa Catarina. Curitibanos-SC. 2013.
- LUCCINI, M. **Alho no Brasil, um pouco da história e dos números do nobre roxo**. Julho, 2008.
- LUCCINI, M. **Principais plantas daninhas na cultura do alho**. Epagri. Curitibanos-SC. 2010.
- MAPA - MINISTÉRIO DA AGRICULTURA PECUÁRIA E ABASTECIMENTO, **Classificação de hortaliças**. Brasília: Embrapahortaliças. 1999. p.7-13.
- MOHITE, K.K. et al. Influence of pre and post emergence herbicides on yield and quality of garlic. **Journal Horticulture**, v.2, n.2, 3p., 2015.
- MORAES, J.A.P.V.; PRADO, C. H. B. A. Photosynthesis and water relations in Cerrado vegetation. Ecophysiological strategies of Xerophytic and amphibious plants in the neotropics. **Series a ecologia Brasiliensis**. PPGGE-UFRJ. Rio de Janeiro, Brasil. vol. 4, pg. 45-63. 1998.
- MOROZINI, J. et al. **A Viabilidade econômica do plantio do alho**. 2005. Disponível em: <file:///C:/Users/micro/Downloads/1910-1910-1-PB.pdf>. Acesso em: 14 ago. 2017.
- OLIVEIRA JR, R.S.; INOUE, M.H. **Seletividade de herbicidas para culturas e plantas daninhas**. Biologia e manejo de plantas daninhas. 2011.
- OLIVEIRA JÚNIOR, R. S. Mecanismos de ação de herbicidas. In: **Plantas daninhas e seu manejo**. Guaíba: Agropecuária. Cap. 7, p.232-235. 2001.
- PITELLI, R.A., DURIGAN, J.C. Interferências de plantas daninhas em culturas agrícolas. **Informe agropecuário**. Belo Horizonte. v. 11, pg. 16-26, 1985.

RAHMAN, H.U. et al. Influence of diferente weed management practices on yield of garlic crop. **SarhadJournalAgriculture**. v.28, n.2, p.213-218, 2012.

RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F. S. de. **Guia de herbicidas**. 6. ed. Londrina: Ed. dos Autores, 2011. 697 p.

SHARMA-NATU, P.; GHILDIYAL, C.M. Potential targets for improvementphotosynthesisandcropsyield. **Currente Science**, v.12, p.1918-1925, 2005.

SBCPD - SOCIEDADE BRASILEIRA DA CIÊNCIA DAS PLANTAS DANINHAS. **Procedimentos para instalação, avaliação e análise de experimentos com herbicidas**. Londrina: 1995. 42 p.

SENSEMAN, S. A. **Herbicide Handbook**. 9ª ed. Lawrence, EUA: **Weed Science Society of America**. pg. 458, 2007.

SOBRINHO, J. et al. **A cultura do alho**. Empresa de pesquisa agropecuária e extensão rural de Santa Catarina. 1993.

SPADER, V.; VIDAL, R. A. Eficácia de herbicidas gramínicidas aplicados em pré-emergência no sistema de semeadura direta do milho. **Planta Daninha**. v. 18, n. 2, pg. 373-380. 2000.

UNIVERSITY OF MINNESOTA. Cultural and chernical weed control in field crops. In: **EUA: Universityofminnesota, extensionServise**.p.85. 2009.