

EFEITOS FITOTÓXICOS SOBRE A CULTURA DA ALFACE PROVOCADOS PELA DERIVA SIMULADA DE HERBICIDAS

PHYTOTOXIC EFFECTS ON LETTUCE CROWN CAUSED BY SIMULATED HERBICIDES DRAFTS

Wesley da Costa Souto ¹; Arthur Yoshio Gemelli ²; Nádia Ligianara Dewes Nyari ³

RESUMO

O presente estudo visa identificar os diferentes sintomas apresentados pela fitotoxicidade de herbicidas aplicados por deriva na cultura da alface crespa (*Lactuca sativa* var. *crispa*). O experimento foi realizado em canteiro com seis tratamentos (cinco herbicidas de diferentes modos de ação e uma testemunha), três épocas de deriva (DAT 10, DAT 20 e DAT) trinta dias após o transplântio das mudas. Foram identificados fitotoxicidade dos herbicidas 2,4-D, atrazina, aurora, glifosato e trifluralina. O herbicida Aurora apresentou os menores valores de matéria fresca e matéria seca em DAT 20 e DAT 30, ao passo que os valores da trifluralina se equiparam aos valores da testemunha. Se tratando de MF e MS, trifluralina e testemunha são estatisticamente iguais em DAT 20 e DAT 30. Em DAT 10, trifluralina e testemunha obtiveram expressiva diferença entre si. Através dos dados observa-se que as plantas sofreram efeitos severos de fitotoxicidade com a aplicação dos herbicidas 2,4-D, atrazina e glifosato em todos os períodos de avaliação, levando a morte das plantas, diferente do herbicida aurora que se torna suscetível apenas em DAT 10. No entanto o herbicida trifluralina demonstrou menor dano de fitotoxicidade dentre todas as variáveis estudadas.

Palavras-chave: Análise experimental. Defensivos químicos. Hortaliças. *Lactuca sativa*. Produção.

ABSTRACT

The present study aims to identify the different symptoms presented by the phytotoxicity of herbicides applied by drift in crisp lettuce (*Lactuca sativa* var. *crispa*). The experiment was carried out in a seedbed with six treatments (five herbicides with different modes of action and one control), three drift times (DAT 10, DAT 20 and DAT) thirty days after transplanting the seedlings. Phytotoxicity of the herbicides 2,4-D, atrazine, Aurora, glyphosate and trifluralin were identified. The herbicide Aurora presented the lowest values of fresh matter and dry matter at DAT 20 and DAT 30, while the values of trifluralin were similar to the values of the control. Regarding MF and DM, trifluralin and the control were statistically equal at DAT 20 and DAT 30. At DAT 10, trifluralin and the control showed significant differences between them. Through the data, it is observed that the plants suffered severe phytotoxicity effects with the application of the herbicides 2,4-D, atrazine and glyphosate in all evaluation periods, leading to the death of the plants, unlike the herbicide Aurora which

¹ Discente de graduação em Agronomia, Centro Universitário Unilasalle Lucas do Rio Verde – MT.
E-mail: 22909101@unilasallelucas.edu.br

² Agrônomo, Mestre em Ciências Ambientais, Agrônomo da Prefeitura Municipal de Lucas do Rio Verde – MT.
E-mail: arthur.gemelli@unilasallelucas.edu.br

³ Bióloga, Profa. Dra. do Centro Universitário Unilasalle Lucas do Rio Verde – MT.
E-mail: nadialigianara@hotmail.com

becomes susceptible only on DAT 10. However, the herbicide trifluralin demonstrated the least phytotoxicity damage among all the variables studied.

Keywords: Experimental analysis. Chemical defensives. Vegetables. *Lactuca sativa*. Production.

1 INTRODUÇÃO

De origem asiática e de clima temperado, foi trazida pelos portugueses ao Brasil no século XVI (Santos, 2000), a alface (*Lactuca sativa*) é uma planta herbácea com coloração do verde escuro ao verde amarelado – podendo chegar ao roxo. A planta possui raízes do tipo pivotante e pertence à família Asteraceae. Trata-se de uma hortaliça que agrupa mais de cem espécies, sendo caracterizada por ser um alimento rico em betacaroteno, vitaminas C, E e do complexo B (Miniello; Andrade, 2024).

No Brasil, as alfaces mais consumidas são também aquelas que possuem maior área plantada. A hortaliça ocupa um dos primeiros lugares entre os vegetais folhosos de maior valor econômico, tanto na aquisição quanto na produção (Miniello; Andrade, 2024). As variedades mais conhecidas e consumidas são as crespas, americana e as lisas, correspondentes a 70%, 15% e 10% respectivamente (Guimarães *et al.*, 2022). Porém, ao longo dos últimos anos também tem se destacado as cultivares roxas e as com as folhas frisadas.

Entre os maiores produtores mundiais de alface estão a China – com 23,6 milhões de toneladas (52% da produção mundial) – seguida pelas Estados Unidos e a Índia (Amaral *et al.*, 2022). No Brasil, sua produção atinge cerca de 1,5 milhões de toneladas, cuja maioria é proveniente da agricultura familiar. A região Sudeste do país é responsável por aproximadamente 66% da produção, seguida pelas regiões Sul e Nordeste. De maneira conjunta, essas três regiões respondem por 98% de todo o abastecimento de alface no Brasil (CONAB, 2020).

Segundo Barros (2019) “o Estado de São Paulo é o maior produtor e consumidor de alface no país (cerca de 137 mil toneladas em 8 mil hectares plantados), seguido do Paraná (54 mil toneladas em 2.845 ha) e Minas Gerais (18 mil toneladas em 1.192 ha)”. O estado do Mato Grosso conta com 2.116 produtores de alface, totalizando uma produção de aproximadamente 13.434 toneladas por ano (IBGE, 2017). Ademais, salienta-se que a maioria das propriedades produtoras de alface tem como circunvizinhos os monocultivos de soja, milho e algodão. Esse panorama tende a ocasionar riscos de contaminação ao alimento, uma vez que a hortaliça é sensível à maior parte dos herbicidas, comprometendo tanto a saúde humana quanto a produção agrícola (Junior, 2017).

O uso de agroquímicos de forma inadequada ou excessiva, ou ainda em decorrência da deriva impulsiona preocupações no sistema de produção agrícola brasileiro. Dessa forma, o presente estudo visa compreender os diferentes sintomas apresentados pela fitotoxicidade de herbicidas aplicados na cultura da alface crSPA (*Lactuca sativa* var. crSPA).

2 METODOLOGIA

2.1 LOCALIZAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA ÁREA DO EXPERIMENTO

O estudo foi conduzido na Fundação Rio Verde, em Lucas do Rio Verde/MT, localizada pelas coordenadas geográficas 12°59'51'' de latitude sul e 55°57'50'' de longitude

Oeste e uma altitude média em relação ao nível do mar de 390 m (Alvares *et al.*, 2013). De acordo com a classificação de Köppen, a região central do estado de Mato Grosso apresenta o tipo climático Aw (clima tropical, com inverno seco).

2.2 ANÁLISE EXPERIMENTAL

O delineamento experimental foi dotado de blocos casualizados (DBC), com seis tratamentos, três épocas de deriva acumulativas e três repetições cada experimento, totalizando dezoito parcelas. O experimento foi conduzido em canteiros, nos quais cada parcela possuía oito plantas transplantadas em espaçamento de vinte e cinco cm (25x25cm). Os tratamentos foram compostos por cinco herbicidas e uma testemunha (amostra padrão) (Tabela 1) em três épocas de deriva acumulativas entre os dias dez (D10), vinte (D20) e trinta (D30) (10, 20, 30 dias) após transplante das mudas (DAT).

Tabela 1 – Aplicação de doses de herbicidas na avaliação de deriva na cultura da alface

Princípio ativo	Produto comercial	Doses	Método
2,4-D	Aminol®	1,25 l/ha	Costal - CO ₂
Atrazina	Proff	6,5 l/ha	Costal - CO ₂
Carfentrazone Etilico	Aurora	0,05 l/ha	Costal - CO ₂
Glifosato	Round Up Wg	2 kg/ha	Costal - CO ₂
Trifluralina	Trifluralina Nortox	2,4 l/ha	Costal - CO ₂
Testemunha	Água	-	-

Fonte: elaborada pelos autores.

2.3 INSTALAÇÃO E CONDUÇÃO DO ENSAIO

O experimento foi conduzido com mudas de alface crespa em canteiro a céu aberto (variedade Brida, ciclo 60-70 dias), com adubação seguindo a recomendação de Trani *et al.* (2014). As amostras apresentando de quatro a cinco folhas foram transplantadas para o canteiro após 20 dias de semeadura. A irrigação do canteiro foi realizada pelo método de gotejamento e o controle de plantas daninhas ocorreu mediante o método mecânico de arranquio. Por sua vez, o controle de pragas e doenças aconteceu com a utilização de produtos químicos, quando necessário, recomendados para a cultura em estudo – a exemplo do fungicida *Kasumin* e o inseticida *Calypso*.

Para a simulação da deriva utilizou-se pulverizador costal, pressurizado a CO₂, com pressão de 2 bar, sendo uma mangueira com bico único acoplada em uma garrafa pet de dois litros. As derivações aconteceram com as condições meteorológicas dentro dos padrões desejáveis de aplicação de defensivos. Além disso, foi utilizada uma lona para proteção/separação entre as amostras no momento das aplicações.

As avaliações dos sintomas visuais morfológicos ocorreram em D1 (dia 1), D4 (dia 4), D7 (dia 7) e D10 (dia 10), visto que é nesse período em que ocorrem as maiores alterações. Estas podem ser descritas conforme a fitotoxicidade apresentada, sendo que os efeitos fitotóxicos dos produtos seguiram a escala de notas conceituadas, partindo da “nota 1” de fitotoxicidade (nula/testemunha) até a “nota 9” (morte da planta) (EWRC, 1964). Para a colheita realizou-se uma avaliação visual pelo número de folhas por planta, peso da matéria

fresca, matéria seca e altura da planta, ocorrendo na colheita após 48 dias posteriormente ao transplântio das mudas.

2.4 ANÁLISES DOS DADOS

Os dados obtidos através dos experimentos foram armazenados em planilha eletrônica (*Microsoft Excel*®) e em seguida submetidos à análise de variância pelo teste F e as médias comparadas por meio do teste de Tukey a 5% de probabilidade. Para tanto foi utilizado o *Software Sisvar* versão 5.7 (Ferreira, 2008).

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Os resultados indicam que a fitointoxicação das amostras foi significativa em todos os tratamentos avaliados aos 10 DAT (dias após transplântio). As médias das avaliações visuais de fitotoxidez realizadas em diferentes períodos estão apresentadas na Tabela 2.

Tabela 2 – Fitointoxicação entre o D1, D4, D7 e D10 na cultura da alface aos 10 DAT

Fontes de variação	L	Quadrados médios			
		D1	D4	D7	D10
Tratamento		25,88**	381,35**	124,48**	98,48**
Resíduo	2	0,52	98,62	0,035	0,73
CV (%)		34,94	23,65	2,93	12,59
Tratamentos	Teste de média				
	D1	D4	D7	D10	
2,4-D	2,12 a [#]	7,87 d	9,00 d	9,00 d	
Atrazina	1,00 a	9,00 d	9,00 d	9,00 d	
Aurora	5,62 c	8,87 d	9,00 d	9,00 d	
Glifosato	1,00 a	7,62 d	9,00 d	9,00 d	
Trifluralina	1,75 a	1,75 a	1,75 a	3,87 b	
Testemunha	1,00 a	1,25 a	1,00 a	1,00 a	

**Significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns}Não significativo; [#]Médias dias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; GL = Graus de liberdade; CV= Coeficiente de variação; D1 = dia 1, D4 = dia 4, D7 = dia 7 e D10 = dia 10; DAT = dias após transplântio.

Fonte: resultados da pesquisa.

Os herbicidas 2,4-D, atrazina, aurora e glifosato levaram as plantas à morte aos D7 e D10. Ou seja, a deriva desses herbicidas com a cultura recém transplântada leva à morte das plantas de sete a dez dias após a deriva. Esse achado vai ao encontro do que é relatado por Petarli, Salaroli e Cattafesta (2021), que salientam que a cultura da alface se caracteriza como demasiadamente sensível à deriva dos produtos contendo glifosato, aurora, atrazina ou 2,4-D.

Tal agravante pode ser decorrente do fato de os herbicidas atuarem sobre plantas dicotiledôneas, como é o caso da alface. Considerando que esses produtos têm um efeito agressivo sobre a cultura em questão, as notas de fitotoxicidade observadas quatro dias após a deriva foram relativamente elevadas.

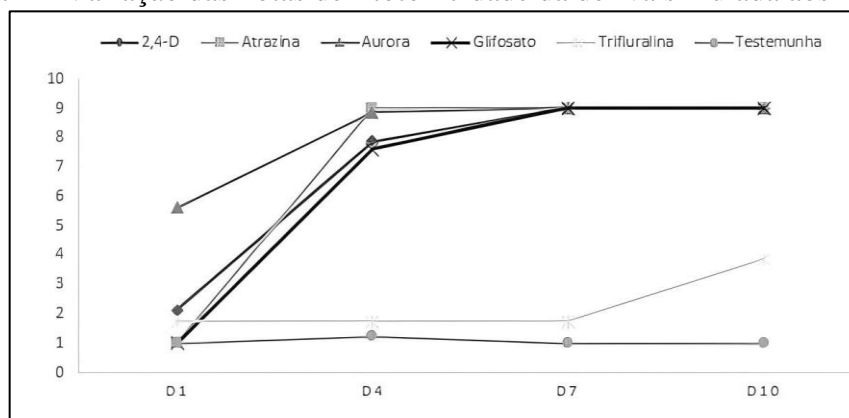
O 2,4-D apresentou inicialmente uma leve fitotoxicidade nas plantas, que com o passar dos dias se agravou até o sétimo dia, onde se observou a morte das hortaliças nos quatro tratamentos e a partir do nono dia esta ocorreu em todos os tratamentos. Por ser um herbicida sistêmico, o 2,4-D leva alguns dias para causar fitotoxicidade nas plantas. Nesse sentido, Da

Silva *et al.* (2017) avaliaram a deriva simulada de herbicidas na cultura da alface e verificaram que a utilização de 2,4-D causava à cultura sintomas de fitotoxidez severas.

Giordani *et al.* (2000) observaram que o herbicida trifluralina causou menor fitotoxidez nas plântulas de alfaces no pré e pós-transplante. Ressalta-se que no período de 10 DAT, as plantas se encontravam com sete folhas, demonstrando estarem em pleno desenvolvimento e expansão celular. Ademais, Moro *et al.* (2012) verificaram que a utilização de herbicidas em plântulas de alface proporcionou maior intoxicação.

O único tratamento com produto químico que não causou a morte das plantas foi a trifluralina. No entanto, o produto gerou fitotoxicidade, cujas notas variaram de 1,75 a 3,87. O herbicida trifluralina apresentou os menores índices de fitointoxicação quando comparado aos outros produtos químicos, e as plantas que o receberam como tratamento exibiram um agravamento da fitotoxicidade com notas medianas apenas no final do ciclo da cultura. Embora a fitotoxicidade tenha sido relativamente baixa no início e medianamente crescente ao longo do tempo, esse tratamento comprometeu a produção da cultura. Na Figura 1, pode-se observar a relação entre o agravamento das notas em conformidade com os dias transcorridos após a deriva.

Figura 1 – Variação das notas de fitotoxicidade da deriva simulada aos 10 DAT



DAT = dias após transplante; D1 = dia 1, D4 = dia 4, D7 = dia 7 e D10 = dia 10.
Fonte: resultados da pesquisa.

O herbicida aurora foi o maior causador de fitotoxicidade em D1, onde deixou as plantas em estado crítico de fitotoxicidade, com notas próximas de 6 logo depois da deriva. Esse produto químico tem como princípio ativo a Carfentrazone, um inibidor de PROTOX que juntamente com a incidência de luz e a presença de oxigênio formam o oxigênio reativo, o qual é tóxico para a planta, causando rápida fitotoxicidade. Na Tabela 3 apresentam-se os valores obtidos para os demais parâmetros analisados. Salienta-se que estatisticamente, as parcelas tratadas apresentaram valores inferiores aos da testemunha para todos os parâmetros avaliados no período.

Nessa fase, a cultura está sensível à fatores abióticos e bióticos, o que implica em respostas à deriva dos herbicidas de forma pronunciada. Henderson e Webber (1993) observaram que incidem riscos associados ao uso de herbicidas em plantas de alface recém transplantadas. Nesse sentido, evidencia-se que a variável fitointoxicação foi significativa em todos os tratamentos avaliados aos 20 DAT, sendo observado um aumento no valor das notas de fitotoxicidade com o passar do tempo para os herbicidas 2,4-D, atrazina e glifosato.

Tabela 3 – Fitointoxicação entre o D1, D4, D7 e D10 na cultura da alface aos 20 DAT

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		D1	D4	D7	D10
Tratamento	5	31,92**	62,83**	123,33**	98,48**
Resíduo	42	0,90	0,63	2,69	0,73
CV (%)		39,64	17,82	30,08	12,59

Tratamentos	Teste de média			
	D1	D4	D7	D10
2,4-D	3,75 b [#]	5,62 d	8,75 d	9,00 d
Atrazina	1,00 a	6,12 d	9,00 d	9,00 d
Aurora	6,00 d	7,87 d	3,87 b	4,00 b
Glifosato	2,00 b	5,00 b	9,00 d	9,00 d
Trifluralina	1,00 a	1,25 a	1,25 a	1,12 a
Testemunha	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a

**Significativo a 0,05 de probabilidade ^{ns}Não significativo; [#]Médias dias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; GL = Graus de liberdade; CV= Coeficiente de variação; D1 = dia 1, D4 = dia 4, D7 = dia 7 e D10 = dia 10; DAT = dias após transplantio.

Fonte: resultados da pesquisa.

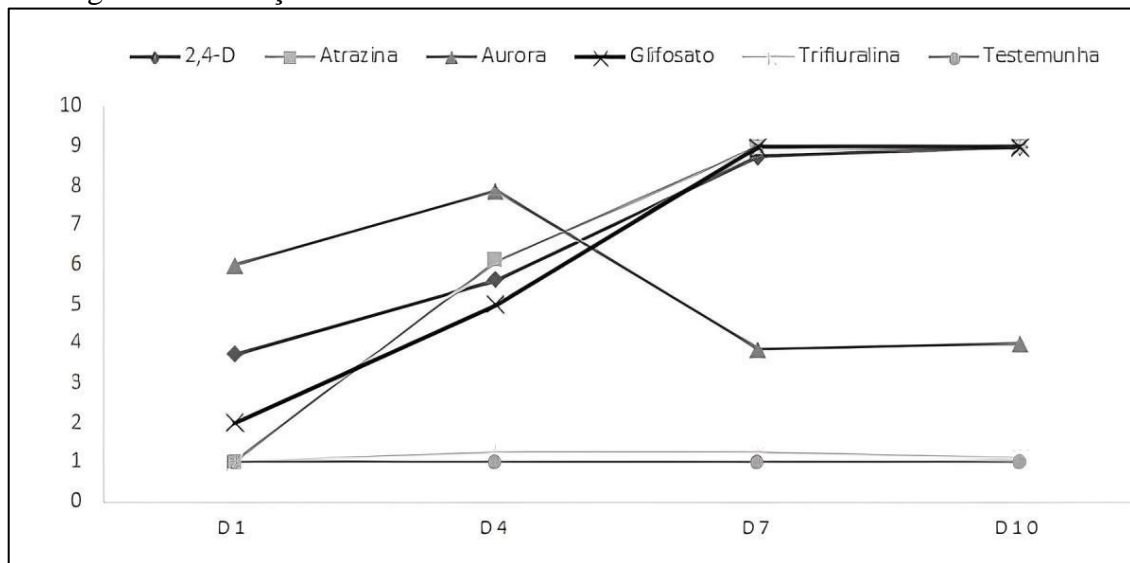
Giordani *et al.* (2000) também observaram a crescente no número de plantas afetadas com o passar dos períodos na cultura da alface. Não obstante, Sikorski *et al.* (2019) evidenciaram que ocorre acúmulo de glifosato nos tecidos vegetais também em plantas de lentilha-d'água comum (*Lemna minor*). Esse fenômeno retardou o desenvolvimento, o crescimento e a produção da cultura, além de inibir a síntese de clorofila a e b e carotenóides.

Para os herbicidas glifosato, atrazina e 2,4-D, a cultura da alface continuou suscetível, mesmo apresentando maior número de folhas por plantas, aumento de porte e acúmulo de nutrientes. Por se tratarem de herbicidas sistêmicos, há uma tendência de demandar mais tempo para que seus efeitos sejam sentidos em plantas já estabelecidas. Sob esse aspecto, Pflieger *et al.* (2012) estudaram a aplicação do herbicida glifosato em diferentes plantas e concluíram que existe um elevado gradiente de sensibilidade ao produto que implica em redução do crescimento. Em situações onde a concentração de glifosato aumentou, os autores constataram a mortalidade de algumas culturas estudadas. As parcelas com deriva de aurora apresentaram elevada fitotoxicidade inicial e à medida que os dias passavam, as plantas conseguiram reagir e administrar a fitotoxicidade, conforme expõe a Figura 2.

Os achados apontam que essas plantas conseguiram contornar a fitotoxicidade, mostrando que se a cultura estiver instalada com pelo menos 20 dias de transplantio, é capaz de se recuperar e ainda conseguir produzir. Tal efeito ocorre devido ao fato de o produto aurora ser de contato e, inicialmente causar a queima das folhas. Porém, não é capaz de matar completamente a planta, permitindo que esta consiga brotar e voltar ao seu desenvolvimento.

Já as parcelas com deriva de trifluralina não diferiram estatisticamente da testemunha, mostrando que o herbicida não causa fitotoxicidade se as plantas estiverem com 20 dias de transplantio. Neste período as plantas já apresentam maior quantidade de folhas, melhor enraizamento e demais condições de sobrevivência quando comparada à deriva aos 10 DAT.

Figura 2 – Variação das notas de fitotoxicidade da deriva simulada aos 20 DAT



DAT = dias após transplântio; D1 = dia 1, D4 = dia 4, D7 = dia 7 e D10 = dia 10.

Fonte: resultados da pesquisa.

A deriva simulada aos 30 DAT foi realizada perto do final do ciclo da cultura – o que oportunizou que houvesse variabilidade nas respostas de fitotoxicidade dos produtos. De modo geral, até 10 dias após a deriva nenhum herbicida foi capaz de matar todas as plantas das parcelas. Houveram algumas plantas mortas em determinadas repetições, mas a média das notas entre as repetições não alcançou o valor final de 9 – mesmo ficando próximo, com 8,12 para o glifosato. Não obstante, a variável fitointoxicação foi significativa em todos os tratamentos avaliados aos 30 DAT, conforme dispõe a Tabela 4.

Tabela 4 – Fitointoxicação entre o D1, D4, D7 e D10 na cultura da alface aos 30 DAT

Fontes de variação	GL	Quadrados médios			
		D1	D4	D7	D10
Tratamento	5	10,82**	7,35 ^{ns}	28,53**	43,37**
Resíduo	42	8,74	8,43	8,07	7,90
CV (%)		82,06	77,45	64,33	56,48

Tratamentos	Teste de média			
	D1	D4	D7	D10
2,4-D	3,37 b [#]	3,37 b	4,25 c	6,37 d
Atrazina	1,00 a	2,87 b	6,50 d	7,37 d
Aurora	5,00 a	5,50 c	2,00 a	2,00 a
Glifosato	2,00 a	3,75 b	7,37 d	8,12 e
Trifluralina	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a
Testemunha	1,00 a	1,00 a	1,00 a	1,00 a

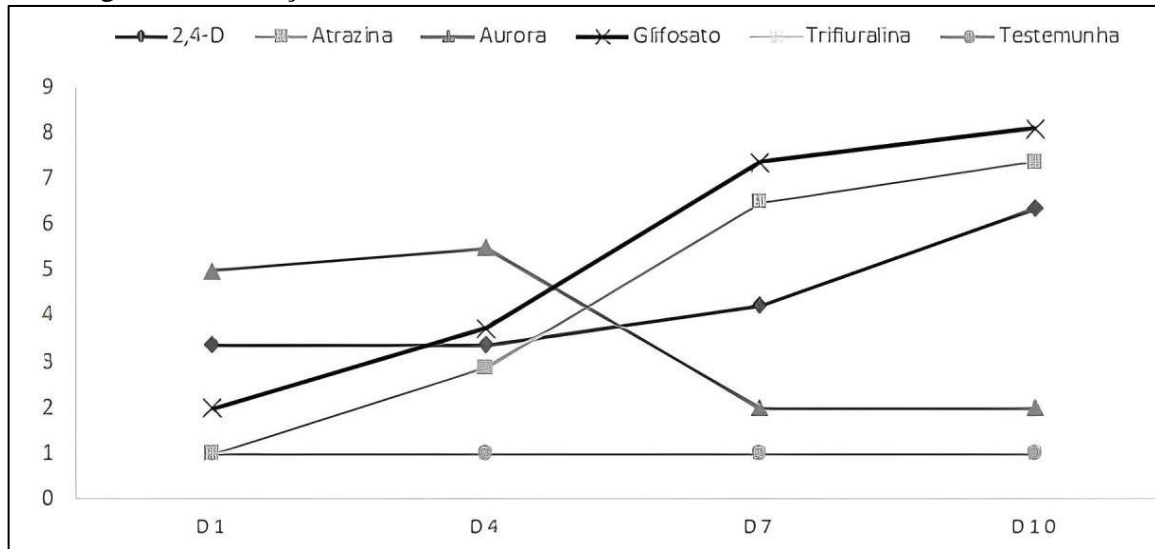
** Significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns} Não significativo; [#] Médias dias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; GL = Graus de liberdade; CV = Coeficiente de variação; D1 = dia 1, D4 = dia 4, D7 = dia 7 e D10 = dia 10; DAT = dias após transplântio.

Fonte: resultados da pesquisa.

Observou-se que o herbicida trifluralina obteve a média das notas em todos os períodos de avaliação com média de 1, mantendo a baixa fitotoxicidade encontrada também em 20 DAT. As notas observadas para as parcelas com deriva de aurora seguem o mesmo

padrão em comparação com as avaliações ocorridas no 20 DAT – onde inicialmente há uma fitotoxicidade mais agressiva e à medida que a cultura se desenvolve consegue brotar e eliminar a fitotoxicidade, baixando as notas em aderência ao passar dos dias (Figura 3).

Figura 3 – Variação das notas de fitotoxicidade da deriva simulada aos 30 DAT



DAT = dias após transplante; D1 = dia 1, D4 = dia 4, D7 = dia 7 e D10 = dia 10

Fonte: resultados da pesquisa.

Diferente do que acontece nas plantas com 10 e 20 DAT, os herbicidas atrazina, 2,4D e glifosato não foram capazes de matar a hortaliça até os dez primeiros dias de ocorrência da deriva. Esse fator pode ter acontecido devido às plantas apresentarem maior desenvolvimento, conseguindo driblar a fitotoxicidade dos herbicidas. Assim, percebe-se que há uma tendência de que os herbicidas glifosato, 2,4-D e atrazina consigam aumentar ainda mais as notas. Porém salienta-se que períodos superiores a 10 dias após a deriva não foram objetos deste estudo. A análise de variância dos dados da altura das plantas demonstrou diferenças significativas aos 10, 20 e 30 DAT. A Tabela 5 apresenta os diferentes resultados dos tratamentos para as variáveis analisadas.

Os resultados apontam que o uso dos herbicidas 2,4-D, atrazina e glifosato levaram as plântulas à morte em todos os períodos de avaliação em 10 DAT. A testemunha apresentou maior altura com média de 29,50 cm, ao passo que o herbicida trifluralina apresentou menor altura com 7,62 cm aos 10 DAT. Aos 20 DAT observou-se o desenvolvimento das plantas com o uso do herbicida aurora. Nesse período, as plantas alcançaram 10 cm, que corresponde a um valor inferior ao alcançado pelo herbicida trifluralina, com 15 cm, e o valor de 25,37 cm atingido pela testemunha.

Aplicar 2,4-D até os 10 DAT pode resultar na quebra do caule. Além disso, para Peterson *et al.* (2016), esse produto contribui para a redução da germinação de sementes da cultura. Sankhla e Snakhla (1972) observaram efeito negativo em plantas de alface quando utilizaram 2,4-D, resultado que corrobora com a pesquisa realizada. Não obstante, Furlan *et al.* (2016) estudando o efeito residual de atrazina na cultura da cenoura, constataram que o uso do herbicida na dose de 250 g.L⁻¹ aumentou a taxa de mortalidade da cultura em 29,85%. Já Da Cruz Primo *et al.* (2020) observaram que o uso de glifosato na alface *cv. Buttercrunch* levou a uma redução drástica na germinação da cultura, revelando o efeito tóxico do herbicida.

Tabela 5 – Altura (cm) das plantas de alface crespa submetidas aos herbicidas, 2,4-D, atrazina, aurora, glifosato e trifluralina aos 10, 20 e 30 DAT

Fontes de variação	L	Quadrados médios		
		Altura (10 DAT)	Altura (20 DAT)	Altura (30 DAT)
Tratamento	5	1117,89**	873,52**	922,93**
Resíduo	42	63,19	40,57	90,93
CV (%)		128,47	75,86	97,39
		Teste de média		
Tratamentos		Altura (10 DAT)	Altura (20 DAT)	Altura (30 DAT)
2,4-D		0 b [#]	0 c	0 b
Atrazina		0 b	0 c	0 b
Aurora		0 b	10,00 b	19,75 a
Glifosato		0 b	0 c	0 b
Trifluralina		7,62 b	15 b	18,62 a
Testemunha		29,50 a	25,37 a	20,38 a

**Significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns}Não significativo; [#]Médias dias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; GL = Graus de liberdade; CV= Coeficiente de variação; DAT = dias após transplantio.

Fonte: resultados da pesquisa.

Quanto ao número de folhas, a variável foi significativa aos 10 e 20 DAT, demonstrando que o uso dos diferentes herbicidas influenciou a capacidade de produção de folhas de alface crespa neste experimento. Aos 10 DAT o maior número de folhas foi observado na testemunha com média de 52,50 folhas, seguido do herbicida trifluralina que obteve 17,25 folhas em média. Aos 20 e 30 DAT o maior número de folhas também foi alcançado pela testemunha com 43,37 e 38,50, respectivamente. A Tabela 6 apresenta os diferentes resultados dos tratamentos para as variáveis analisadas.

Tabela 6 – Número de folhas de alface crespa submetidas aos herbicidas, 2,4-D, atrazina, aurora, glifosato e trifluralina aos 10, 20 e 30 DAT

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		Nº folhas (10 DAT)	Nº folhas (20 DAT)	Nº folhas (30 DAT)
Tratamento	5	2291,05**	2753,36**	2823,17 ^{ms}
Resíduo	42	294,79	201,99	441,61
CV (%)		148,12	81,64	110,96
		Teste de média		
Tratamentos		Nº folhas (10 DAT)	Nº folhas (20 DAT)	Nº folhas (30 DAT)
2,4-D		0 a [#]	0 a	0 a
Atrazina		0 a	0 a	0 a
Aurora		0 a	21,87 d	36,87 d
Glifosato		0 c	0 c	0 a
Trifluralina		17,25 d	38,87 d	36,87 d
Testemunha		52,50 d	43,37 d	38,50 d

**Significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns}Não significativo; [#]Médias dias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; GL = Graus de liberdade; DAT = Dias após o transplantio; CV= Coeficiente de variação; DAT = dias após transplantio.

Fonte: resultados da pesquisa.

Aos 30 DAT não foram observadas diferenças estatísticas. No entanto o número de folhas quando não houve aplicação dos produtos foi substancialmente maior, afirmando que o uso desses produtos prejudica o desenvolvimento da alface. Esses resultados corroboram com os encontrados por De Souza Rodrigues (2019) ao sugerirem que a incidência de menor número de folhas quando se aplicam doses do herbicida 2,4-D pode ser decorrente do estresse sofrido pelas plantas – o que leva a redução da clorofila. Ademais, em todos os períodos de avaliação observaram-se diferenças significativas para a variável massa fresca. Esse achado corrobora que o uso de herbicidas influencia a massa fresca das plantas nas condições e doses aplicadas neste experimento, conforme apresenta-se na Tabela 7.

Tabela 7 – Massa fresca da alface crespa submetida aos herbicidas, 2,4-D, atrazina, aurora, glifosato e trifluralina aos 10, 20 e 30 DAT

Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		Massa fresca (10 DAT)	Massa fresca (20 DAT)	Massa fresca (30 DAT)
Tratamento	5	109078,52**	49519,27**	65804,62**
Resíduo	42	11313,6047	4185,77	8974,00
CV (%)		173,01	107,87	119,50
Tratamentos		Teste de média		
		Massa fresca (10 DAT)	Massa fresca (20 DAT)	Massa fresca (30 DAT)
2,4-D		0 a [#]	0 a	0 a
Atrazina		0 a	0 a	0 a
Aurora		0 a	48,12 d	113,50 d
Glifosato		0 d	0 a	0 a
Trifluralina		77,62 d	127,37 d	194,87 d
Testemunha		291,25 d	187,37 d	167,25 d

**Significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns}Não significativo; [#]Médias dias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; GL = Graus de liberdade; DAT = Dias após o transplântio; CV= Coeficiente de variação; DAT = dias após transplântio.

Fonte: resultados da pesquisa.

Aos 10 DAT somente o herbicida trifluralina apresentou massa fresca com 77,62 gramas em média. Porém estatisticamente este tratamento não difere dos outros herbicidas. A testemunha apresentou 291,25 gramas, demonstrando que os herbicidas utilizados implicaram num menor desenvolvimento da alface neste experimento. Já no segundo período de avaliação (20 DAT) houve um acréscimo da massa fresca das plantas quando se utilizou trifluralina, totalizando a expansão de 64.09% entre os dois períodos de avaliação. O herbicida aurora também teve acréscimo nessa variável aos 20 DAT, visto que as plantas apresentaram 48,12 gramas em média. O uso de trifluralina aumentou a variável massa fresca gradativamente até o valor de 194,87, valor maior do que a testemunha – que aos 30 DAT obteve 167,25 gramas. De Souza Rodrigues (2019) também constatou redução na massa fresca das plantas quando utilizou herbicidas, corroborando com os resultados encontrados neste experimento. A Tabela 8 mostra os dados para a variável massa seca da parte aérea das plantas de alface crespa.

Por meio da análise dos dados observa-se que os herbicidas utilizados apresentaram diferença significativa em todos os períodos de transplântio. Os herbicidas 2,4-D, atrazina e glifosato não demonstraram resultados pela morte das plantas, o que denota o efeito dos herbicidas nas plântulas de alface crespa. Conquanto, aos 10 DAT, dentre os herbicidas utilizados, o único que apresentou massa seca foi a trifluralina que teve média de 6,25 gramas

– que corresponde a uma média inferior a alcançada pela testemunha, que totalizou 23,37 gramas.

Tabela 8 – Massa seca da alface crespa submetida aos herbicidas, 2,4-D, atrazina, aurora, glifosato e trifluralina aos 10, 20 e 30 DAT

GL	Quadrados médios			
	Massa seca (10 DAT)	Massa seca (20 DAT)	Massa seca (30 DAT)	
Tratamento	5	702,69**	372,54**	453,38**
Resíduo	42	70,89	27,39	63,18
CV (%)		170,52	100,90	119,23

Tratamentos	Teste de média		
	Massa seca (10 DAT)	Massa seca (20 DAT)	Massa seca (30 DAT)
2,4-D	0 a	0 a	0 a
Atrazina	0 a	0 a	0 a
Aurora	0 a	3,87 b	10,00 d
Glifosato	0 a	0 a	0 a
Trifluralina	6,25 d	11,62 d	15,12 d
Testemunha	23,37 d	15,62 d	14,87 d

**Significativo a 0,05 de probabilidade; ^{ns}Não significativo; [#]Médias dias seguidas pela mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade; GL = Graus de liberdade; DAT = Dias após o transplântio; CV= Coeficiente de variação; DAT = dias após transplântio.

Fonte: resultados da pesquisa.

No período de 20 DAT o herbicida aurora apresentou uma média de massa seca de 3,87 gramas. Esse valor é menor ao alcançado pelo tratamento com trifluralina, que alcançou 11,62 gramas, demonstrando o efeito deletério do herbicida aurora as plantas de alface crespa. Por sua vez, no último período de avaliação (30 DAT) houve um aumento da massa seca das plantas de alface quando aplicado o herbicida aurora. Nota-se que, neste período, as plantas apresentaram menor sintoma de fitotoxidez. Por fim, o herbicida trifluralina obteve a maior média com 15,12 gramas, ao passo que a testemunha apresentou redução em comparação com os outros períodos de transplântio.

Corroborando com os dados desta pesquisa, Silva *et al.* (2011) concluíram que os herbicidas aplicados em subdoses implementaram menor biomassa seca nas plantas. Cecato *et al.* (2017), estudando a atividade residual do 2,4-D na cultura da soja, observaram também que a massa seca das plantas reduziu com a dose duplicada do herbicida. Em consonância, Neto e Constantin (2017) ao investigarem os resíduos fitotóxicos de herbicidas na cultura da alface e da cenoura constataram que o efeito residual dos produtos reduziu a massa seca da alface. Já Paulo *et al.* (2020) atestaram que o uso de picloram + 2,4-D afeta negativamente a cultura da soja, reduzindo a massa fresca da planta.

Furlan *et al.* (2016) simularam o efeito residual da atrazina em cenoura e concluíram que o uso do herbicida aos 29 e 90 dias após a aplicação causou prejuízos em características como altura e massa seca das plantas. Robinson (2008), avaliando o herbicida atrazina, concluiu que seu uso reduziu em 66,6% a massa seca das plantas em até um ano posteriormente as aplicações. Meinhardt e Van Dyk (1992) atestaram que o uso de 2,4-D na cultura da alface e tomate reduz a massa seca das plantas a partir da dose de 10 mg.L⁻¹.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nas condições metodológicas sob as quais a pesquisa foi realizada, pode-se concluir que há diferenças nos sintomas de fitotoxicidade dos herbicidas investigados. Isso porque até 10 dias após o transplântio, apenas a trifluralina causa baixa toxicidade, ao passo que os demais produtos químicos acarretam a mortalidade das plantas. De maneira específica, o herbicida aurora causa fitotoxicidade em todos os períodos pesquisados, porém, se a deriva ocorrer após 20 dias de transplântio, a planta é capaz de se recuperar.

Em contrapartida, os herbicidas 2,4-D, atrazina e glifosato causam fitotoxicidade seguida de morte da planta em qualquer estágio da cultura da alface. Ou seja, os herbicidas foram capazes de alterar todos os parâmetros analisados neste estudo, o que denota que quando aplicados em doses e condições indevidas, o uso desses herbicidas é prejudicial ao desenvolvimento inicial das plântulas de alface. Portanto, a deriva tende a comprometer a produtividade da hortaliça e coloca em risco a manutenção da referida produção agrícola.

REFERÊNCIAS

ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, p. 711-728, 2013.

AMARAL, T. *et al.* Desenvolvimento agrônômico da alface cultivada em diferentes substratos. **Enciclopédia Biosfera**, v. 19, n. 40, 2022.

BARROS, J. C. DA S. B. **Utilização de Microrganismo Eficiente na Produção Sustentável da Alface (*Lactuca sativa L.*)**. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Superior de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, Bambuí, MG, 2019.

CECATO, G. C. *et al.* Residual activity and irregular depletion of dichlorophenoxyacetic acid (2, 4-D) in the early development of soybean. **Arquivos de Ciências Veterinárias e Zoologia da UNIPAR**, v. 20, n. 3, p. 167-171, 2017.

DA CRUZ PRIMO, T. A. R. *et al.* Glyphosate concentration and phytotoxicity in *Lactuca sativa* Buttercrunch. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 24, p. 10, 2020.

DA SILVA, P. V. *et al.* Efeitos fitotóxicos sobre a cultura do alface ocasionados pela deriva simulada de herbicidas utilizados no milho. **Revista Ensaios Pioneiros**, v. 1, n. 1, p. 1-13, 2017.

DE SOUZA RODRIGUES, J. **Resposta fisiológica de alface a subdoses de maturadores utilizados em cana-de-açúcar**. Dissertação de Mestrado em Produção Vegetal, Universidade Estadual Paulista – Unesp, Campus de Jaboticabal, Jaboticabal – SP. 2019.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium (Lavras)**, v. 6, p. 36-41, 2008.

FURLAN, R. G.; MARTINS, J. F.; SANTOS, J. I.; ALVES, P. Simulação do efeito residual

da Atrazine em cenoura. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 4, p. 584-587, 2016.

GIORDANI, G. M. R. C. *et al.* Seletividade de herbicidas aplicados em pré e pós Seletividade de herbicidas aplicados em pré e pós-transplante da cultura da alface cultura da alface. **Acta Scientiarum**, v. 22, n. 4, p. 985-991, 2000.

GUIMARÃES, C. M. *et al.* Cultivo protegido de alface com diferentes colorações de cobertura plástica. **Agrarian**, v. 15, n. 55, p. e15560-e15560, 2000.

JÚNIOR, J. de D. G. *et al.* Deriva do herbicida 2, 4-d aplicado com pontas hidráulicas de jato plano tipo leque. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 12, n. 4, p. 550-554, 2017.

MEINHARDT, H. R.; VAN DYK, L. P. Effects of 2, 4-D iso-octyl ester on the morphology, chlorophyll content and dry mass of lettuce and tomato seedlings. **South African Journal of Plant and Soil**, v. 9, n. 1, p. 37-38, 1992.

MINIELO, R.; ANDRADE, P. P. Controle de plantas daninhas sob diferentes coberturas de solo na cultura da alface. **Revista Agroveterinária do Sul de Minas**, v. 6, n. 1, p. 138-152.

MORO, M. S. *et al.* Deriva Simulada de Herbicidas Utilizados em Cana-de-açúcar em Alface. *In: Anais... XXVIII Congresso Brasileiro da Ciência das Plantas Daninhas*. 2012.

NETO, G. O. P.; CONSTATIN, J. Carryover de herbicidas para as culturas de alface (*Lactuca sativa*) e cenoura (*Daucus carota*). *In: Anais... XXVI EAIC – UEM*, Maringá 2017.

PAULO, C. Ã. *et al.* Efeito Residual de Herbicidas Auxínicos em Soja. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 19, n. 3, p. 699-1-7, 2020.

PETARLI, G. B.; SALAROLI, L. B.; CATTAFESTA, M. **Saúde, trabalho e ambiente: um olhar interprofissional para a saúde de populações rurais**. São Paulo: Editora Appris, 2021.

PETERSON, M. A. *et al.* 2, 4-D past, present, and future: a review. **Weed Technology**, v. 30, n. 2, p. 303-345, 2016.

PFLEEGER, T. *et al.* The effects of glyphosate and aminopyralid on a multi-species plant field trial. **Ecotoxicology**, v. 21, n. 7, p. 1771-1787, 2012.

ROBINSON, D. E. Atrazine accentuates carryover injury from mesotrione in vegetable crops. **Weed Technology**, v. 22, n. 4, p. 641-645, 2008.

SANKHLA, N.; SANKHLA, Daksha. Lettuce seed germination: Interaction between auxin and 2-chloroethanephosphonic acid (Ethrel). **Biologia Plantarum**, v. 14, n. 5, p. 321-324, 1972.

SANTOS, O. S. **Hidroponia da alface**. Santa Maria: Imprensa Universitária, 2000.

SIKORSKI, Ł. *et al.* The effects of glyphosate-based herbicide formulations on Lemna minor, a non-target species. **Aquatic Toxicology**, v. 209, p. 70-80, 2019.

SILVA, F. M. L. *et al.* Atividade residual de 2, 4-D sobre a emergência de soja em solos com texturas distintas. **Revista Brasileira de Herbicidas**, v. 10, n. 1, p. 29-36, 2011.

TRANI, P. E. *et al.* **Calagem e adubação da alface, almeirão, agrião d'água, chicória, coentro, espinafre e rúcula**. Campinas: IAC, 2014.