

**FRANCISCO ALVES TRINDADE**

**ESTUDO DA TOLERÂNCIA DE CULTIVARES  
DE MILHO PIPOCA (*Zea mays L.*) A HERBICIDAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de "Mestre".

**Orientador**

Dr. João Baptista da Silva

(CNPMS/EMBRAPA)

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS**

**LAVRAS - MINAS GERAIS**

**1995**

Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Classificação e Catalogação da  
Biblioteca Central da UFLA

Trindade, Francisco Alves

Estudo da tolerância de cultivares de milho pipoca (*Zea mays* L.) a herbicidas / Francisco Alves Trindade. --Lavras : UFLA, 1995.

105 p. : il.

Orientador: João Baptista da Silva - CNPMS/EMBRAPA

Dissertação (Mestrado) - UFLA.

Bibliografia.

1. Herbicida. 2. Milho pipoca. 3. Tolerância. 4. metolachlor. 5. Trifluralin. 6. Nicosulfuron. 7. Cyanazine. 1. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

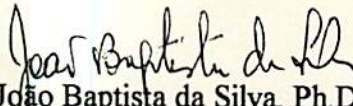
CDD-633.159954


FRANCISCO ALVES TRINDADE

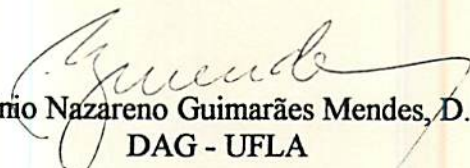
**ESTUDO DA TOLERÂNCIA DE CULTIVARES DE MILHO PIPOCA  
(*Zea mays* L.) A HERBICIDAS**


Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, para obtenção do título de "Mestre".

APROVADA em 28 de setembro de 1995

  
João Baptista da Silva, Ph.D.  
CNPMS/EMBRAPA  
(Orientador)

  
Paulo César Magalhães, Ph.D.  
CNPMS/EMBRAPA  
(Co-orientador)

  
Antônio Nazareno Guimarães Mendes, D.Sc.  
DAG - UFLA

  
Renato Paiva, Ph.D.  
DBI - UFLA

“Se você não puder ser um pinheiro  
no topo da colina, seja um arbusto  
no vale; mas seja o melhor arbusto à  
margem do regato. E se não puder  
ser o tronco, seja um ramo”.

(Douglass Malloch)

À minha família, em especial aos  
meus pais Messias (in memoriam) e Léa,  
pela compreensão, dedicação aos filhos  
e apoio ao longo da minha formação.

**DEDICO**

**A DEUS**

Fonte de força  
e sabedoria.

**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Agricultura (DAG), pela oportunidade de realização do curso.

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq, pela concessão da bolsa de estudo.

Ao Centro Nacional de Milho e Sorgo (CNPMS/EMBRAPA), pela oportunidade do desenvolvimento do projeto de tese.

Ao pesquisador (CNPMS/EMBRAPA) e professor (DAG-UFLA) Dr. João Baptista da Silva, pela orientação segura, pelo convívio e amizade e pelo incentivo na elaboração deste trabalho.

Ao pesquisador Dr. Paulo César Magalhães (CNPMS/EMBRAPA), pela co-orientação deste trabalho e pela amizade.

Aos pesquisadores M.Sc. Elifas Nunes de Alcântara (EPAMIG-Lavras), M.Sc. Décio Karan (CNPMS/EMBRAPA) e ao professor Dr. Hércio Andrade (DCS-UFLA) pelas valiosas colaborações na realização deste trabalho e pela amizade.

Aos professores Dr. Antônio Nazareno Guimarães Mendes (DAG-UFLA) e Dr. Renato Paiva (DBI-UFLA) pelas sugestões complementares a este trabalho e pela amizade.

Ao doutorando (DAG-UFLA) Francisco Vilela Resende, pelo auxílio nas análises estatísticas.

Aos colegas de curso de pós graduação, especialmente ao Kleber, Rinaldo, Marcelo, Maurício, Adenilson, Marcelinho e Denny, pela amizade sempre presentes.

Ao amigo Antonio Alves Tavares, pela amizade, grande colaboração e estímulo para a concretização deste trabalho.

A todos os funcionários do CNPMS que contribuíram para a realização deste trabalho, em especial ao José Rubens, Nozinho, Sr. Juca, Zezé e Geraldo. Também ao Geraldinho e Rita.

À BASF Brasileira S.A. pelo envio da amostra experimental do nicosulfuron.

## BIOGRAFIA DO AUTOR

FRANCISCO ALVES TRINDADE, filho de Messias Alves Trindade (in memorian) e Léa Delvécchio Trindade, é natural de São João Del-Rey, Minas Gerais.

Concluiu o primeiro grau no Colégio São João, em São João Del-Rey e o segundo grau na Escola Agrotécnica Federal de Barbacena "Diaulas Abreu", em Barbacena.

Graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras, Minas Gerais, em novembro de 1991.

Em março de 1993, iniciou o Curso de Mestrado em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, pela Universidade Federal de Lavras, concluindo-o em setembro de 1995.

## SUMÁRIO

	Página
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	xi
RESUMO.....	xvii
SUMMARY.....	ix
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Aspéctos gerais sobre tolerância à herbicidas.....	3
2.2 Cloroacetamidas: metolachlor.....	5
2.3 Sulfoniluréias: nicosulfuron.....	11
2.4 Dinitroanilinas: trifluralin.....	16
2.5 Triazinas: cyanazine.....	23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	29
3.1 Experimento preliminar conduzido em casa de vegetação.....	29
3.1.1 Avaliação da tolerância de dezoito cultivares de milho pipoca ao metolachlor, cyanazine e nicosulfuron.....	29
3.2 Experimentos conduzidos em casa de vegetação.....	31
3.2.1 Considerações gerais.....	31
3.2.2 Experimentos com herbicidas de pré-emergência.....	34
3.2.2.1 Experimento nº 1: Avaliação da tolerância das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao metolachlor.....	34
3.2.2.2 Experimento nº 2: Avaliação de tolerância cultivares Zélia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao trifluralin.....	34

3.2.3 Experimentos com herbicidas de pós-emergência.....	35
3.2.3.1 Experimento nº 3: Avaliação da tolerância das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao nicosulfuron.....	35
3.2.3.2 Experimento nº 4: Avaliação da tolerância das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao cyanazine.....	35
3.3 Avaliação da tolerância das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42- CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao metolachlor, trifluralin, nicosulfuron e cyanazine, em condições de campo.....	36
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	38
4.1 Experimento preliminar conduzido em casa de vegetação.....	38
4.1.1 Avaliação da tolerância de dezoito cultivares de milho pipoca ao metolachlor, cynazine e nicosulfuron.....	38
4.2 Experimentos conduzidos em casa de vegetação.....	42
4.2.1 Avaliação da tolerância das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao trifluralin.....	42
4.2.2 Avaliação da tolerância das cultivares Zelia 01, CMS 43- CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao metolachlor.....	51
4.2.3 Avaliação da tolerância das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao nicosulfuron.....	59
4.2.4 Avaliação da tolerância das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao cyanazine.....	69
4.3 Avaliação da tolerância das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS- 42-CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao metolachlor, trifluralin cyanazine e nicosulfuron, em condições de campo.....	78
5 CONCLUSÕES.....	86
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	87
APÊNDICE.....	97

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Efeito do trifluralin sobre a fitotoxicidade aos 12 (A) e 21(B) dias após a aplicação (DAA), nas cultivares CMS 43-CII (tolerante) e Pirapoca B (sensível). Casa de Vegetação. Sete Lagoas-MG, 1994.....	45
2	Efeito do trifluralin sobre a fitotoxicidade aos 12 (A) e 21 (B) dias após a aplicação (DAA), nas cultivares CMS 42 CI (tolerante) e Colorado 1 (sensível). Casa de Vegetação. Sete Lagoas-MG, 1994.....	46
3	Efeito do trifluralin sobre o volume de raiz aos 22 dias após a aplicação. Média de seis cultivares. Casa de vegetação. Sete Lagoas-MG, 1994.....	48
4	Efeito do trifluralin sobre o peso da matéria seca da raiz aos 22 dias após a aplicação. Média de seis cultivares. Casa de vegetação. Sete Lagoas-MG, 1994.....	50

<b>Figura</b>	<b>Página</b>
5 Efeito do metolachlor sobre a fitotoxicidade aos 10 dias após a aplicação (DAA). Média de seis cultivares. Casa de vegetação. Sete Lagoas-MG, 1994.....	53
6 Efeito do metolachlor sobre a fitotoxicidade aos 20 dias após a aplicação (DAA). Média de seis cultivares. Casa de Vegetação. Sete Lagoas-MG, 1994.....	55
7 Efeito do metolachlor sobre a fitotoxicidade, aos 20 dias após a aplicação (DAA), nas cultivares CMS 43 CII (tolerante) e Pirapoca B (sensível). Casa de Vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.....	56
8 Efeito do metolachlor sobre o peso da matéria seca da parte aérea aos 21 dias após a aplicação. Média de seis cultivares. Casa de Vegetação. Sete Lagoas-MG, 1994.....	58
9 Efeito do nicosulfuron sobre a fitotoxicidade aos 14 dias após a aplicação (DAA). Média de seis cultivares. Casa de vegetação. Sete Lagoas -MG, 1994.....	61
10 Efeito do nicosulfuron sobre o peso da matéria seca da raiz aos 15 dias após a aplicação. Média de seis cultivares. Casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.....	63

Figura	Página
11 Efeito do nicosulfuron sobre o peso da matéria seca da parte aérea aos 15 dias após a aplicação. Média de seis cultivares. Casa de vegetação. Sete Lagoas -MG, 1994.....	66
12 Efeito do nicosulfuron sobre a altura de planta aos 14 dias após a aplicação. Média de seis cultivares. Casa de vegetação. Sete Lagoas -MG, 1994.....	68
13 Efeito do cyanazine sobre a fitotoxicidade aos 14 dias após a aplicação (DAA). Média de seis cultivares. Casa de vegetação. Sete Lagoas-MG, 1994.....	71
14 Efeito do cyanazine sobre o volume de raiz aos 17 dias após a aplicação. Média de seis cultivares. Casa de vegetação. Sete Lagoas-MG, 1994.....	73
15 Efeito do cyanazine sobre o peso da matéria seca da raiz aos 17 dias após a aplicação. Média de seis cultivares. Casa de vegetação. Sete Lagoas-MG, 1994.....	75

## LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
1 Algumas características das cultivares do Ensaio Nacional de Milho Pipoca (CNPMS / EMBRAPA) - Ano II - 1992/93.....	29
2 Características físico-químicas do solo da área do experimento de campo e dos experimentos conduzidos em casa de vegetação Sete Lagoas - MG, 1993.....	32
3 Valores médios do volume de raiz de dezoito cultivares de milho pipoca, em função da aplicação do metolachlor, cyanazine e nicosulfuron avaliadas em casa de vegetação. Lavras - MG, 1993.....	39
4 Valores médios do peso da matéria seca de raiz de dezoito cultivares de milho pipoca, em função da aplicação do metolachlor, cyanazine e nicosulfuron avaliadas em casa de vegetação. Lavras - MG, 1993.....	40
5 Valores médios do peso da matéria seca de parte aérea de dezoito cultivares de milho pipoca, em função da aplicação do metolachlor, cyanazine e nicosulfuron avaliadas em casa de vegetação. Lavras - MG, 1993.....	41

## Tabela

## Página

6	Valores médios de fitotoxicidade nas cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1; em função do trifluralin aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 12 e 21 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.....	43
7	Valores médios do volume de raiz das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1; em função do trifluralin aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 22 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.....	47
8	Valores médios do peso da matéria seca de raiz das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B, e Colorado1; em função do trifluralin aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 22 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.....	49
9	Valores médios de fitotoxicidade das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em função do metolachlor aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 10 e 20 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.....	52

## Tabela

## Página

10	Valores médios do peso da matéria seca de parte aérea das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1; em função do metolachlor aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 21 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.....	57
11	Valores médios de fitotoxicidade nas cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1; em função do nicosulfuron aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 14 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.....	60
12	Valores médios do volume de raiz das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1; em função do nicosulfuron aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 15 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas-MG, 1994.....	62
13	Valores médios do peso da matéria seca de raiz das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1; em função do nicosulfuron aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 15 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.....	64

## Tabela

## Página

- 14 Valores médios do peso da matéria seca de parte aérea das cultivares Zelia 01, CM 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1; em função do nicosulfuron aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 15 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas-MG, 1994..... 65
- 15 Valores médios da altura de planta das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42-CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1; em função do nicosulfuron aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 14 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994..... 67
- 16 Valores médios de fitotoxicidade nas cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1; em função do cyanazine aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 14 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas-MG, 1994..... 70
- 17 Valores médios do volume de raiz das cultivares Zelia 01 CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1; em função do cyanazine aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 17 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994..... 72

## Tabela

## Página

18	Valores médios do peso da matéria seca de raiz das cultivares Zelia 01, CM 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1; em função do cyanazine aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 10 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.....	74
19	Valores médios da altura de planta das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1; em função do cyanazine aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 10 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas-MG, 1994.....	76
20	Valores médios do teor de clorofila foliar total nas cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1; em função do cyanazine aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 15 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.....	77
21	Valores médios do volume de raiz das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1; em função dos tratamentos-testemunha (com e sem capina), metolachlor, trifluralin, cyanazine e nicosulfuron. Sete Lagoas-MG, 1993.....	79

<b>Tabela</b>	<b>Página</b>	
22	Valores médios do peso seco da matéria seca de raiz das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1; em função dos tratamentos-testemunha (com e sem capina), metolachlor, trifluralin, cyanazine e nicosulfuron. Sete Lagoas - MG, 1993.....	80
23	Valores médios do peso da matéria seca de parte aérea das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1; em função dos tratamentos-testemunha (com e sem capina), metolachlor, trifluralin, cyanazine e nicosulfuron. Sete Lagoas-MG, 1993.....	82
24	Valores médios da altura de planta e diâmetro de colmo das cultivares Zélia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1; em função dos tratamentos-testemunha (com e sem capina), metolachlor, trifluralin, cyanazine e nicosulfuron. Sete Lagoas-MG, 1994.....	83
25	Valores médios da produtividade de espigas e de grãos das cultivares Zélia 01, CMS 43 CH, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1; em função dos tratamentos-testemunha (com e sem capina), metolachlor, trifluralin, cyanazine e nicosulfuron. Sete Lagoas-MG, 1994.....	84

## RESUMO

TRINDADE, Francisco Alves. **Estudo da tolerância de cultivares de milho pipoca (*Zea mays L.*) a herbicidas**. Lavras: UFLA, 1995. 105p. (Dissertação Mestrado em Fitotecnia)\*

Em razão da falta de informações sobre o grau de tolerância de genótipos de milho pipoca a herbicidas utilizados na cultura do milho comum, foi conduzido um ensaio preliminar em casa de vegetação. As cultivares avaliadas foram as dezoito entradas do Ensaio Nacional de Milho Pipoca (CNPMS/EMBRAPA)-ano II-1992/93. Os herbicidas testados foram metolachlor, nicosulfuron e cyanazine.

As cultivares selecionadas (Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1), a partir das dezoito avaliadas previamente foram avaliadas em quatro ensaios conduzidos em casa de vegetação. Os tratamentos químicos corresponderam aos seguintes herbicidas e respectivas dosagens em kg/ha: metolachlor (0,0; 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0), trifluralin (0,0; 0,6; 1,2; 1,8 e 2,4), nicosulfuron (0,0; 0,03; 0,06; 0,09 e 0,12) e cyanazine (0,0; 1,25; 2,50; 3,75 e 5,00). Para cada um dos quatro experimentos realizados, foram avaliados os parâmetros: metolachlor (sintomas visuais de injúrias, peso de matéria seca de parte aérea), trifluralin (sintomas visuais de injúrias, volume e peso de matéria seca de raiz), nicosulfuron (sintomas visuais de injúrias, altura de planta, volume de raiz, pesos de matéria seca de raiz e de parte aérea) e cyanazine (sintomas visuais de injúrias, altura de planta, teor de clorofila foliar total, volume e peso de matéria seca de raiz).

De maneira geral, a tolerância das cultivares aos herbicidas (PRE) obedeceu a

---

\*Orientador: João Baptista da Silva. Membros da Banca: Paulo César Magalhães (co-orientador), Antônio Nazareno Guimarães Mendes e Renato Paiva.

seguinte ordem: metolachlor > trifluralin. Quanto aos herbicidas (POS) foram: nicosulfuron > cyanazine. A ordem de tolerância entre as cultivares foi: CMS 43 CII > Zelia 01 > CMS 42 CI > Rogobras 2 > Pirapoca B > Colorado 1.

Concomitantemente, as cultivares mencionadas anteriormente foram avaliadas em um experimento de campo, no qual os tratamentos herbicidas e respectivas dosagens em kg/ha foram: metolachlor (2,40), trifluralin (1,80), cyanazine (2,50) e nicosulfuron (0,06). Os parâmetros avaliados foram: sintomas visuais de injúrias, volume de raiz, pesos da matéria seca de raiz e de parte aérea, altura de planta, diâmetro de colmo, produtividade de espigas e de grãos.

De modo geral, os melhores resultados foram observados nas parcelas tratadas com cyanazine e nicosulfuron. As cultivares CMS 43 CII e Zelia 01 apresentaram melhor desempenho, quando comparadas às demais cultivares.

## SUMMARY

### ESTUDIES OF TOLERANCE OF POP CORN (*Zea mays L.*) CULTIVARS TO HERBICIDES.

Due to the lack of information on the tolerance degree of pop corn genotypes to some herbicides utilized in the cultivation of the common corn, a preliminary trial was conducted in greenhouse. The evaluated cultivars were eighteen entries of the National Trial of Pop Corn (CNPMS/EMBRAPA) -Year II- 1992/93. The herbicides tested were metolachlor, nicosulfuron and cyanazine.

The cultivars selected (Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B and Colorado 1), from the eighteen ones evaluated previously, were evaluated in four trials conducted in greenhouse. The chemical treatments corresponded to the following herbicides and respective dosages in kg/ha: metolachlor (0,0; 1,2; 1,8; 2,4 and 3,0), trifluralin (0,0; 0,6; 1,2; 1,8 and 2,4), nicosulfuron (0,0; 0,03; 0,06; 0,09 and 0,12) and cyanazine (0,0; 1,25; 2,50; 3,75 and 5,00). For each one of the four experiments conducted, the following parameters were evaluated: metolachlor (visual injury symptoms, weight of shoot dry matter), trifluralin (visual injury symptoms, volume and weight of root dry matter), nicosulfuron (visual injury symptoms, plant height, root volume, weights of root and shoot dry matter) and cyanazine (visual injury symptoms, plant height, content of total leaf chlorofil, root volume and weight of root dry matter). In a general manner, the tolerance of the cultivars to the herbicides pre-emergent obeyed to the following order: metolachlor > trifluralin. As to the herbicides pos-emergent were: nicosulfuron > cyanazine. The tolerance order among the cultivars were: CMS 43 CII > Zelia 01 > CMS 42 CI > Rogobras 2 > Pirapoca B > Colorado 1.

At the same time, the above mentioned cultivars were evaluated in a field experiment, in which the herbicidal treatments and respective dosages in kg/ha were:

metolachlor (2,40), trifluralin (1,80), cyanazine (2,50) and nicosulfuron (0,06). The parameters evaluated were: visual injury symptoms, root volume, weights of root and shoot dry matter, plant height, culm diameter, ear and grain yield.

In a general way, the best results were observed in the plots treated with cyanazine and nicosulfuron. The cultivars CMS 43 CII and Zelia 01 showed the best performance as compared with the other cultivars.

## 1 INTRODUÇÃO

O milho pipoca pertence à espécie botânica *Zea mays* L. e se caracteriza por apresentar sementes pequenas e duras, que “estouram” sob a ação do calor dando origem à pipoca. As cultivares normalmente empregadas no Brasil, apresentam grande variabilidade para caracteres de planta e espiga. Muitas dessas cultivares são caracterizadas pelo alto porte das plantas, equiparando-se muitas vezes ao milho comum e algumas possuem porte bastante reduzido. (Zinsly e Machado, 1987). A cultura do milho pipoca, apesar de sua aceitação pelo consumidor, fácil comercialização e de sua importância na alimentação humana, tem seu processo de produção pouco estudado. Existe falta de informações experimentais com respeito a tratamentos culturais e interação tratamentos culturais e cultivares. O controle de plantas daninhas através de herbicidas é menos estudado para o milho pipoca e muitas dúvidas existem sobre a tolerância aos produtos recomendados para o milho comum (Silva, Pacheco e Oliveira, 1993). O que se tem adotado para o milho pipoca, em termos de recomendação de herbicidas, é o uso da dosagem de 75% da recomendação para o milho comum (Gama et al., 1990).

Um aspecto preocupante no uso de herbicidas na cultura do milho, é o crescente número de queixas de produtores a respeito de injúrias causadas em suas lavouras por herbicidas. As queixas são relacionadas com a fitotoxicidade no estágio inicial, principalmente em cultivares precoces de milho, que constituem a principal tendência do mercado de sementes no Brasil (Silva e Souza, 1988). Nem sempre há possibilidade de se testar previamente todos os herbicidas para cada híbrido ou variedade de milho desenvolvidos. Às vezes, tal fato tem acarretado surpresas desagradáveis à susceptibilidade das plantas às moléculas dos herbicidas. Além dos prejuízos diretos decorrentes, também são necessárias mudanças dentro do sistema de produção, envolvendo substituições repentinas nos materiais genéticos da cultura ou então nos herbicidas que se destinariam ao controle das plantas daninhas (Durigan e Raffi, 1993).

Tanto a nível de Brasil como mundial, praticamente inexistem trabalhos publicados sobre o comportamento de cultivares de milho pipoca, em relação aos herbicidas recomendados para a cultura do milho comum. Analogamente, nos Estados Unidos, para a cultura do milho doce, tem-se adotado a estratégia de recomendar herbicidas desenvolvidos para o milho comum e para o qual houve tolerância comprovada. (Ashton e Monac, citado por Robinson, Monks e Schultheis, 1994). Variações na tolerância a herbicidas entre linhagens de milho tem sido mostradas para atrazine, simazine, diclofop, butylate, EPTC, alachlor e propachlor (Roggenbuck e Penner, 1987).

O objetivo desta pesquisa foi: avaliar a tolerância de cultivares de milho pipoca aos herbicidas metolachlor, trifluralin, nicosulfuron e cyanazine e determinar os herbicidas de maior potencial de uso na cultura, bem como as cultivares mais tolerantes a um determinado herbicida.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Aspéctos gerais sobre tolerância à herbicidas

Os herbicidas representam hoje o setor mais importante, em termos de mercado, entre os chamados defensivos agrícolas, tanto a nível mundial como no Brasil. A cultura do milho representa o segundo maior mercado para herbicidas no mundo. O uso destes, uma necessidade da agricultura moderna, é baseado na sua seletividade, isto é, sua capacidade de controlar as espécies de plantas exceto as das culturas de interesse (Kissmann, 1993). Todavia, nenhum herbicida seletivo tem sido especificamente projetado para culturas específicas e a seletividade tem permanecido uma ocorrência fortuita, baseada nas diferenças morfológicas e fisiológicas entre as espécies individuais de plantas. Esta abordagem tem se tornado cada vez mais ineficaz e deu origem a alguns problemas ambientais, entre os quais o desenvolvimento de plantas daninhas resistentes. (Sari-Gorla et al., 1993).

Muita discussão e discrepância ocorre com a terminologia para descrever o impacto biológico de herbicidas em espécies específicas de plantas. O termo susceptível tem sido usado para definir plantas daninhas que são controladas ou culturas que são injuriadas de maneira satisfatória, por um herbicida que fora aplicado na dosagem recomendada (O'Neal , 1993). Tolerante é usado para descrever a resposta de plantas daninhas não adequadamente controladas ou planta de cultura que não mostra níveis satisfatórios de injúria a um determinado herbicida, quando aplicado dentro do recomendado, podendo-se dizer que sua produção é diminuída, mas ela completa o ciclo de vida ou há somente mortalidade parcial. Resistente é empregado para descrever a habilidade de um biótipo (planta que ocorre naturalmente dentro de uma espécie) sobreviver ao tratamento com herbicidas, aos quais a espécie é normalmente susceptível. O biótipo sendo de uma planta daninha ou planta de cultura, tem uma carga genética ligeiramente diferente e isto é que permite tolerar o tratamento com o herbicida (O'Neal, 1993 e Thill, 1991). Quando mecanismos fisiológicos de uma planta de cultura são modificados através de biotecnologia, para aumentar a tolerância em uma cultura previamente susceptível, a nova cultivar ou híbrido da

cultura será referida como resistente. Podem haver muitos modos de respostas à dose de um determinado herbicida com relação à tolerância, dependendo do modo de ação da tolerância e o número de sítios de ação e a proporção de indivíduos tolerantes na população (Gressel, 1985). É certo que a simples distinção entre resistência e tolerância é frequentemente incompreendida e a literatura está repleta com referências a resistência, mas que são apenas um aumento na tolerância (Thill, 1991).

Infelizmente as moléculas químicas que exibem características desejáveis (não persistir no solo, não ser tóxica e não ter efeitos poluidores) não são perfeitamente seletivas, outra característica também desejável. Assim tornou-se necessário selecionar cultivares tolerantes dentre as cultivares de interesse. A sensibilidade varietal é um importante fator para todos os herbicidas. A maioria dos herbicidas mostra diferenças varietais e chega mesmo a matar algumas plantas em populações melhoradas. Com o transcorrer do tempo, herbicidas usados em ensaios de desempenho servem para selecionar as variedades sensíveis, chegando a eliminá-las da produção comercial (Sari-Gorla et al., 1993). Na cultura do milho, com relação aos herbicidas do grupo das sulfoniluréias, por exemplo, esta situação está apenas se iniciando. A escolha das estratégias adequadas a serem aplicadas a fim de se obter cultivares tolerantes, depende do mecanismo de resistência e conseqüentemente de seu controle genético. Já em 1960, alguns pesquisadores mencionavam que maior ênfase deveria ser dada ao papel da genética no uso de produtos químicos agrícolas para atingir a meta de proteger a cultura econômica contra danos químicos (Green e Ulrich, 1993). Pesquisas bioquímicas abrangentes no desenvolvimento de plantas tolerantes a vários herbicidas, demonstram o envolvimento de alguns mecanismos principais, entre os mais gerais, a provável desintoxicação metabólica. A atividade seletiva da maioria dos herbicidas atualmente comercializados é baseada na sua metabolização por espécies de plantas tolerantes e susceptíveis (Sari-Gorla et al., 1993).

## 2.2 Cloroacetamidas: metolachlor

O metolachlor é um herbicida do grupo das cloroacetamidas e que proporciona um eficaz controle, principalmente, de muitas gramíneas anuais e algumas plantas daninhas de folhas largas. É usado amplamente em várias culturas importantes, incluindo o milho. Normalmente aplicado em pré-plantio incorporado, pré-plantio ou pós-plantio (pós inicial). (Scarponi, Alla e Martinetti, 1992 e WSSA, 1994).

Embora as cloroacetamidas tenham sido estudadas extensivamente, seu mecanismo de ação bioquímico primário é ainda desconhecido. Foram descritos como inibidores da síntese de lipídios, ácidos graxos, ceras foliares, terpenos, flavonóides, proteínas e a divisão celular; também por interferirem na regulação hormonal (Liebl, 1994 e WSSA, 1994). A maioria dos efeitos bioquímicos e fisiológicos relatados sobre o modo de ação das cloroacetamidas, pode ser interpretada com base na inibição de proteínas (Weisshaar e Boger, 1991). A proposta mais aceita é que os aminoacil tRNAs específicos podem ser alquilados pelas cloroacetamidas, desse modo inibindo a síntese proteica. Todavia, a síntese proteica (tradução do mRNA) não parece ser o sítio primário de ação das cloroacetamidas, já que não inibem a síntese proteica "in vitro" (Liebl, 1994). A atividade herbicida tem sido correlacionada com a atividade alquilante, pois análogos que não possuem atividade alquilante não inibiram o crescimento da planta. Há alguns sítios potenciais de alquilação para atuação das cloroacetamidas (ácido lipóico, proteína carreadora de acil), sendo que a interferência com o acetil CoA parece a mais plausível. O acetil CoA é o ponto de partida de muitas rotas bioquímicas e que são inibidas pelas cloroacetamidas; incluindo lipídios, terpenos e ácidos graxos (WSSA, 1994).

O metolachlor não impede a germinação e nem causa parada imediata do crescimento, mas pode impedir emergência de gramíneas e folhas largas mais susceptíveis (Fuerst, 1987). No milho as plântulas injuriadas apresentam-se mal formadas, tortas e com crescimento distorcido. As folhas ficam enrugadas, devido ao menor crescimento da nervura central em relação ao crescimento do limbo foliar. Podem também desenrolar totalmente, prendendo-se a ponta da próxima folha em desenvolvimento e fazendo que se forme um laço. Os sítios anatômicos principais afetados nas gramíneas são: as folhas em desenvolvimento abaixo do coleóptilo e os meristemas apicais e intercalares próximo ao nó coleoptilar. A translocação não é bem entendida, visto que a ação das cloroacetamidas ocorre em plantas muito pequenas (WSSA, 1994).

O crescimento da raiz pode também ser inibido, porém é geralmente menos sensível que o crescimento da parte aérea (Fuerst, 1987). Narsaiah e Harvey (1977), avaliando a influência da colocação do alachlor (2,5 kg/ha) no solo, outro herbicida do grupo das cloroacetamidas, correlacionado com a fitotoxicidade em plântulas de milho, observaram severa redução (60%) na altura de planta, quando colocado na zona da parte aérea de sementes plantadas a 2,5 cm de profundidade. A injúria foi bastante reduzida (19%) quando as sementes foram plantadas a 8,0 cm. Quando o alachlor foi colocado na zona da raiz, não houve inibição do crescimento da parte aérea. Novamente severa injúria (65%) foi observada, quando o alachlor foi colocado na zona da parte aérea e da raiz.

Mellis et al., (1982), investigando os efeitos do metolachlor ( $1 \times 10^{-5}$  M) na permeabilidade de membrana de células da raiz, atestaram que o milho, uma espécie considerada tolerante ao metolachlor, não permitiu perda significativa de  $^{32}\text{P}$ , enquanto que na cebola, espécie susceptível, houve vazamento de ortofosfato marcado com  $^{32}\text{P}$  anteriormente absorvido das raízes, em 14 vezes os valores do controle. Este vazamento foi interrompido quando foi usado o NA (anidrido naftálico 1,8), a  $1 \times 10^{-6}$  M.

As cloroacetamidas são metabolizadas no milho, por conjugação com o tripeptídeo glutationa (GSH). O GSH é um redutante proteico, que está envolvido na eliminação do  $\text{H}_2\text{O}_2$  nos cloroplastos e na desintoxicação xenobiótica. A conjugação com o GSH pode ser enzimática (glutationa S transferase - GST) ou não enzimática, sendo que a contribuição dos dois processos é atualmente controvertido (Cottingham e Hatzios, 1991; Liebl, 1994 e WSSA, 1994).

Diferenças na absorção, além do metabolismo, têm sido propostas para explicar a tolerância diferencial interespecífica de plantas a determinados cloroacetamidas (Fuerst, 1987). Segundo Dixon e Stoller (1982), a espécie *Cyperus esculentus*, uma planta daninha que pode ser controlada pelo metolachlor, mostrou absorver o produto mais rapidamente e a uma intensidade maior que o milho.

A seletividade parece estar relacionada com a taxa de metabolismo. Plantas tolerantes rapidamente metabolizam herbicidas cloroacetamidas, quando comparadas com plantas susceptíveis. Tem-se observado que plantas tolerantes incluindo milho e soja, são capazes de desintoxicar as cloroacetamidas em quantidades suficientes, para impedir o seu acúmulo e persistência em níveis fitotóxicos (Scarponi, Alla e Martinetti, 1992 e Liebl, 1994). A absorção diferencial (ponto de absorção) e translocação parecem contribuir para a seletividade aos

herbicidas cloroacetamidas. Plantas susceptíveis translocam mais rapidamente o herbicida para o ponto de crescimento, após a absorção pela raiz (Breux, 1987 e Fuerst, 1987). Para a seletividade às cloroacetamidas, segundo Dixon e Stoller (1982), uma redução da translocação do  $^{14}\text{C}$ -metolachlor em plântulas de milho, pode ser consequência de um maior metabolismo do herbicida, uma vez que os metabólitos frequentemente tem mobilidade reduzida.

Outros aspectos de base fisiológica tem sido propostos para explicar a ocorrência da seletividade às cloroacetamidas. Um deles é que plantas tolerantes tratadas com herbicidas deste grupo, aumentam os níveis de metabólitos hidrosolúveis não identificados, quando comparados às plantas susceptíveis. Outro aspecto possível é que as cloroacetamidas em plantas tolerantes, podem ser bioativados a intermediários reativos, que são rapidamente desintoxicados, como ocorre em mecanismo similar com os herbicidas tiocarbamatos (Breux, 1987).

Fatores ambientais podem desempenhar papel importante na tolerância do milho ao metolachlor. A injúria do milho é aumentada em solos sob condições de elevada umidade e de temperaturas frias. Outros fatores que podem contribuir para um aumento de injúria à cultura não foram completamente estudados. Acredita-se que baixos níveis de GST (glutathione S transferase) e falta de GSH (glutathione), podem concorrer para o aumento da susceptibilidade nestas condições. O GSH está envolvido em muitas reações ao estresse que a planta sofre (Farago, Kreuz e Brunold, 1993). Em condições de campo, a duração total do tempo em que as plântulas em desenvolvimento são expostas ao metolachlor, é mais importante do que o efeito da temperatura fria ou quente do solo. Não há unanimidade sobre o porquê de condições frias ou úmidas, intensificarem a injúria no milho pelo efeito do metolachlor (Kunkel, Steffens e Bellinder, 1991; Viger et al., 1991).

Segundo Rowe e Penner (1990), a umidade do solo é um fator importante no grau de injúria em plantas de cultura por ação das cloroacetamidas. Para a maioria dos herbicidas aplicados no solo, há uma resposta do aumento na injúria das plantas e eficácia no controle de plantas daninhas com o aumento da umidade do solo.

O sistema glutathione - glutathione S transferase (GSH-GST) parece ser responsável pela tolerância a S-triazinas e cloroacetamidas. O aumento do metabolismo em espécies tolerantes parece ser devido a uma maior capacidade de sintetizar GSH e de mantê-la no estado reduzido ou a GST estar presente em níveis mais altos ou ter maior especificidade pelos herbicidas. (Liebl, 1994; O'Connell, Breux e Fralez, 1988). O milho, que é uma espécie tolerante, entre sete

espécies avaliadas (mono e dicotiledôneas), apresentou o maior nível de GSH (182,4 mg/g peso fresco da parte aérea), seguida pela soja (125,7) (Sari-Gorla et al., 1993).

Segundo Scarponi, Perucci e Marucchini (1989), a atividade da GST é estimulada por resíduos de metolachlor. Estes autores, observaram maior atividade da enzima na parte aérea e raízes de plântulas de milho e de soja tratadas, em relação às não tratadas. O efeito estimulante foi maior no milho e isto poderia confirmar a hipótese de que o acúmulo mais baixo de metolachlor no milho, quando comparado com a soja, pode derivar de sua desintoxicação mais eficiente por conjugação.

Scarponi, Alla e Martinetti (1992), observaram que quatro dias após a aplicação (DAA) de metolachlor, apenas 1,9% de resíduo do produto foi encontrado nas bandejas de crescimento que continham plântulas de milho, evidenciando uma rápida absorção do metolachlor. Uma eficiente desintoxicação da molécula genitora ocorreu tanto que, aos 8 DAA, apenas 0,16 ppm foi detectada nas raízes e, aos 12 DAA, o resíduo foi quase negligente, evidenciando uma alta tolerância do milho ao metolachlor.

Farago, Kreuz e Brunold (1993), avaliando a susceptibilidade do milho ao metolachlor, em função dos níveis de GSH, encontraram uma correlação positiva entre os níveis de GSH e o peso fresco e o comprimento da parte aérea, indicando que o nível de GSH foi importante para tolerância das plântulas de milho ao metolachlor.

Viger et al., (1991), estudando os efeitos da temperatura na absorção e metabolismo do metolachlor, verificaram que no regime de temperaturas amenas (21/13°C), as plântulas de milho absorveram mais <sup>14</sup>C metolachlor que no regime de temperaturas quentes (30/21°C). Possivelmente, a menor absorção nas temperaturas quentes, foi devido ao aumento no desenvolvimento da cutícula ou a uma mudança na composição cuticular. O metabolismo nas plântulas foi mais lento na temperatura de 21°C, quando comparado à exposição a 30°C. A redução da tolerância do milho ao metolachlor observada a baixas temperaturas, pode ser entendida em parte ao metabolismo mais lento do produto.

Rowe e Penner (1990), avaliando em casa de vegetação, o efeito da umidade na resposta do milho ao metolachlor (4,5 kg/ha), atestaram que à medida que se aumentou a umidade do solo de 8 para 22%, a altura de planta decresceu em 58%. Os índices de injúrias visuais observados foram de 11 e 70%, estando a umidade do solo em 8 e 22%, respectivamente.

Além dos diversos fatores ambientais, diferenças genéticas entre híbridos e linhagens, desempenham uma importante função no grau de tolerância às cloroacetamidas (Rowe, Rossman e Penner, 1990). Linhagens de milho tolerantes revelaram um significativo aumento no conteúdo de GSH e na atividade da GST após a aplicação de alachlor, enquanto que as linhagens mais susceptíveis não apresentaram esse incremento de GSH (Niccum, 1985). A evidência de uma larga variabilidade genética dentro de espécie quanto aos níveis de GST e GSH, oferece a oportunidade de explorar o melhoramento genético para a adaptabilidade geral das culturas aos estresses por moléculas químicas. Isto poderia ser uma boa estratégia para desenvolver tolerância às cloroacetamidas, visto que esta tolerância pode ser obtida dentro da estrutura de processos metabólicos que estão presentes na célula vegetal, num custo baixo de adequabilidade da planta. Ao contrário quando a tolerância é devida a modificações do alvo herbicida (tipicamente uma enzima que se torna insensível ao efeito do herbicida), as dificuldades são maiores (Sari-Gorla et al., 1993).

Cottingham e Hatzios (1992), estudaram os efeitos diferenciais do metolachlor (6,7 kg/ha), em híbridos tolerantes e sensíveis ao produto, atestados por diferenças quanto à altura de planta e aos sintomas visuais de injúrias. Os resultados sugeriram que a absorção mais rápida do metolachlor pelo híbrido menos tolerante, foi um fator determinante no aumento da susceptibilidade deste híbrido ao metolachlor. A translocação foi de pouca importância para determinar a tolerância ou a susceptibilidade ao produto. O híbrido menos tolerante apresentou atividade mais baixa da GST, o que poderia explicar sua maior susceptibilidade ao metolachlor. A injúria que ocorreu no híbrido sensível, não foi suficiente para levar a morte da planta, visto que em geral o milho é bastante tolerante ao metolachlor.

Rowe, Rossman e Penner (1990), avaliaram o desempenho de duzentos híbridos e trinta linhagens endogâmicas ao metolachlor (4,5 kg/ha). Tanto híbridos como linhagens variaram em sua resposta ao produto. A distribuição de injúrias, avaliada por altura de planta e sintomas visuais, revelaram que a maioria dos híbridos e das linhagens tiveram um nível médio de tolerância. Alguns foram muito tolerantes (média de 16 e 24% do controle, para injúria visual e altura de planta, respectivamente), outros muitos sensíveis (média de 80 e 82% do controle, para injúria visual e altura de planta, respectivamente). Ainda, através de estudos de laboratório, revelaram que o híbrido tolerante 'Great Lakes 584' absorveu significativamente menos <sup>14</sup>C-metolachlor do o sensível 'Pioneer 3744' enquanto que, o tolerante 'Cargill 7567' metabolizou significativamente

mais rápido o  $^{14}\text{C}$ -metolachlor do que outros híbridos. Após 8 horas, os autores observaram que a quantidade de  $^{14}\text{C}$ -metolachlor disponível era o mesmo no tolerante 'Cargill 7567' e no sensível 'Northrup King 9823', indicando uma possível taxa inicial de metabolismo mais rápida no híbrido tolerante ou sensibilidade no sítio de ação (diferença no número ou na natureza do sítio).

O desenvolvimento de antídotos tem possibilitado um aumento da proteção à cultura do milho, com relação às injúrias provocadas por herbicidas cloroacetamidas, sob condições ambientais adversas. Os antídotos são usados, entre outros motivos, para permitirem aumentos nas doses dos herbicidas em relação a tolerância da cultura (Breux, Patanella e Sanders, 1987; Ekler, Dutka e Stephenson, 1993). O mecanismo de ação dos antídotos é ainda obscuro. A pesquisa do modo de ação dos antídotos para as cloroacetamidas, centraliza-se nos efeitos dos antídotos sobre a absorção e metabolismo dos herbicidas, principalmente porque o sítio de ação dos herbicidas cloroacetamidas ainda não é conhecido. Resultados de pesquisas sobre os efeitos de antídotos sobre a absorção de cloroacetamidas tem sido equivocados (Ekler, Dutka e Stephenson, 1993). Antídotos eficazes elevam significativamente o teor de GSH, a atividade de GST e o metabolismo do herbicida em plântulas de milho, visto que as cloroacetamidas são desintoxicadas via conjugação enzimática com GSH (Ekler e Stephenson, 1991). Conjugados de GSH (metabólitos destoxicados) foram identificados em plântulas tratadas com antídotos, assim como são encontrados em plântulas tolerantes (Breux, Patanella e Sanders, 1987; Ekler, Dutka e Stephenson, 1993).

Viger et al., (1991), observaram que o antídoto benoxacor protegeu o milho da injúria do metolachlor, aumentando a taxa de formação do metolachlor glutationa conjugado (-SG), nas condições de temperaturas fria (21°C) e quente (30°C). O aumento da conjugação metolochlor -SG foi resultado do aumento em cinco vezes da atividade de GST, mas não aumentando os níveis de GSH. Os resultados são compatíveis com a hipótese que o benoxacor protege o milho contra a injúria do metolachlor, aumentando a atividade da GST, que acelera a desintoxicação do produto via conjugação com o GSH. Kunkel, Steffens e Bellinder (1991), obtiveram resultados semelhantes ao avaliarem o efeito protetor do benoxacor em plântulas de milho nas temperaturas de 17 e 37°C. Cottingham e Hatzios (1991), avaliando a influência do benoxacor no metabolismo do metolachlor em híbridos de milho, com tolerância variável ao herbicida, verificaram um grau semelhante da intensificação do metabolismo do metolachlor. O teor total de GSH nas partes aéreas do 'Cargill 7256' (tolerante) aumentou com o tratamento do benoxacor. Porém, no

'Norturp-King 9283' (sensível), o nível de GSH não foi afetado. Os dois híbridos com tolerância diferenciada ao metolachlor, também diferiram quanto a resposta de dose do benoxacor, com concentrações mais altas do antídoto não conseguindo induzir ou inibir a atividade da GST no 'Cargill 7567' (tolerante). O estímulo da atividade da GST e um aumento na taxa do metabolismo do metolachlor, poderia explicar o efeito do protetor nos dois híbridos avaliados.

### 2.3 Sulfoniluréias: nicosulfuron

Sulfoniluréias é um grupo de herbicidas com altos níveis de atividade a baixas taxas de aplicação. Nicosulfuron, é um herbicida seletivo para o milho pertencente a esse grupo. É recomendado para ser aplicado em pós-emergência inicial, no controle de gramíneas anuais e algumas perenes, bem como certas plantas daninhas de folhas largas. (WSSA, 1994).


O modo de ação do nicosulfuron é baseado na inibição da acetolactase sintase (ALS), também chamada aceto hidroxilactato sintase (AHAS), uma enzima essencial na biosíntese dos aminoácidos de cadeia ramificada: leucina, isoleucina e valina. Esta enzima cataliza a reação de condensação de duas moléculas de piruvato, para produzir  $\text{CO}_2$  e 2-acetolactato, um precursor da valina e da leucina. Também cataliza a reação de condensação do piruvato e  $\alpha$ -cetobutirato, para formar  $\text{CO}_2$  e 2-acetohidroxibutirato, um precursor da isoleucina. (Hess, 1994a).

O nicosulfuron é um potente e rápido inibidor da divisão celular. Plantas susceptíveis ao nicosulfuron tem o crescimento inibido em poucas horas, mas os sintomas de injúrias surgem mais de uma a duas semanas após o tratamento (Kimura et al., 1989). Estes sintomas se caracterizam inicialmente nas folhas novas em desenvolvimento, por manchas estriadas de clorose, juntamente com um ligeiro enrugamento nas bordaduras das mesmas. Segue-se uma clorose e necrose foliar geral. No caso de cultivares mais sensíveis, pode haver um enrolamento das folhas apicais (semelhantes aos dos herbicidas hormonais). Estes sintomas, normalmente perduram até 35 - 40 dias da aplicação. Após esse período, a fitotoxicidade pode ser caracterizada por uma redução na altura das plantas. (Kimura et al., 1989; Santos e Haden, 1993). A morte da planta resulta de acontecimentos que ocorrem em resposta à inibição do ALS, porém a sequência real dos processos fitotóxicos é desconhecida (WSSA, 1994).

A tolerância aos herbicidas do grupo sulfoniluréias é baseada na desintoxicação metabólica do herbicida e ocorre na maioria das culturas, sendo também observada em espécies de plantas daninhas. A mesma rota de inativação metabólica pode ocorrer em espécies ou variedades susceptíveis, mas com atividade insuficiente para conferir tolerância (Blair e Martin, 1988; Holt, Powles e Holtum, 1993). Diferenças nas taxas de absorção e translocação destes herbicidas ou susceptibilidade alterada do sítio de ação bioquímica proposto (ALS), não tem sido correlacionados com a seletividade herbicídica das sulfoniluréias (Eberlein et al., 1989).

Burton et al., (1994), estudando o mecanismo da seletividade de herbicidas sulfoniluréias, observaram que brotos destacados do híbrido de milho doce 'Landmark' (tolerante) teve maior capacidade de metabolizar o nicosulfuron e primisulfuron do que o híbrido 'Merit' (sensível). No 'Landmark' após oito horas do tratamento, 13,3% da radioatividade extraída foi encontrada como metabólito de nicosulfuron, enquanto que no 'Merit' foi encontrado 63,5%. A atividade da ALS nas duas cultivares foi igualmente sensível ao nicosulfuron, sugerindo que a margem de tolerância não foi devida a uma sensibilidade do sítio bioquímico de ação (ALS) e sim às taxas de metabolismo diferenciados nas duas cultivares.

Sweetser, Schow e Hutchison (1982), observaram que após 24 horas do tratamento com chlorsulfuron, um outro herbicida do grupo das sulfoniluréias, em espécies sensíveis e tolerantes, a quantidade de penetração e translocação do  $^{14}\text{C}$  chlorsulfuron não mostraram correlação para explicar o grau de seletividade da espécie sensível. Houve penetração de 91,2% do chlorsulfuron nas folhas de beterraba (espécie sensível), enquanto que nas folhas de trigo (espécie tolerante), a penetração foi de 68,7%. Em contraste, foi encontrado uma boa correlação entre a sensibilidade ao chlorsulfuron e a taxa de metabolismo. Metabólitos não fitotóxicos encontrados nas folhas do trigo foi de 62%, enquanto que na beterraba foi de 2,5%.

 Eberlein et al., (1989), estudaram a tolerância de dez linhagens endogâmicas de milho ao thifensulfuron, outro herbicida do grupo do nicosulfuron, a 32 e 64 kg/ha. Pelas avaliações de produtividade e de sintomas visuais de injúrias (14 e 28 dias após o tratamento), três linhagens foram altamente tolerantes, três altamente susceptíveis e quatro com tolerância moderada. Quando compararam a inibição da ALS pelo thifensulfuron em extratos de parte aérea estioladas, em duas linhagens de tolerância contrastantes, a atividade da ALS foi semelhante. Houve pouca diferença entre as duas linhagens quanto à absorção do produto, porém duas vezes mais do  $^{14}\text{C}$  thifensulfuron (13%) foi translocado para fora da folha tratada na linhagem altamente

susceptível, quando comparada com a linhagem altamente tolerante (6%). Segundo os autores, diferenças na translocação podem ser devido ao metabolismo muito rápido do thifensulfuron na linhagem altamente tolerante. Nesta linhagem, após 6 horas do tratamento, apenas 23% do herbicida remanescente foi encontrado nos extratos de folha, enquanto que na linhagem altamente susceptível foi encontrado 78%. A taxa de metabolismo teria sido o principal fator envolvido na tolerância diferencial entre as linhagens estudadas.

A tecnologia de transferência de genes em cultura de tecido, tem sido explorada para produzir plantas transgênicas com ALS menos susceptível. A resistência em mutantes ALS de milho, fumo e *A. thaliana*, gerados em laboratórios, foi conferida por genes nucleares simples que codificaram ALS menos susceptível (Guttieri et al., 1992).

A herança da susceptibilidade do milho ao nicosulfuron, atestada através de cruzamentos entre 223 linhagens endogâmicas susceptíveis e tolerantes, demonstrou que a susceptibilidade é recessiva e controlada pelo gene 'nsf'. Das linhagens avaliadas, 198 mostraram-se tolerantes e 25 susceptíveis ao nicosulfuron (46 g/ha), aplicado no estágio de 2 - 6 folhas e avaliadas através de sintomas visuais de injúrias (Green e Ulrich, 1993). A descoberta de susceptibilidade do milho ao nicosulfuron, sugere a necessidade de incluir híbridos e linhagens endogâmicas em ensaios, antes que se recomende o herbicida para uso geral. A herança simples da susceptibilidade ao nicosulfuron indica que, se por acaso, todos os pais de um cruzamento forem homozigotos recessivos, híbridos comerciais podem ser susceptíveis ao produto, sendo que haveria graves consequências a diversos segmentos envolvidos na produção da cultura, com a liberação de um híbrido comercial susceptível (Kang, 1993).

Landi, Vicari e Catizone (1989), verificando o comportamento de cruzamentos entre 20 linhagens de milho, com níveis variáveis de tolerância ao chlorsulfuron, propuseram que a tolerância ao herbicida pareceu estar sob um controle genético aditivo. Assim, híbridos com uma tolerância mais alta seriam esperados surgir somente de cruzamentos de linhagens tolerantes. Baseados nas comparações entre cruzamentos recíprocos, ações gênicas extra nucleares devem ser excluídas. Contudo, os autores propuseram que maiores estudos devem ser realizados para esclarecer os mecanismos de controle genéticos, visto que somente pais e híbridos foram incluídos no estudo.

O aumento da tolerância de híbridos a herbicidas sulfoniluréias tem sido possível, com a presença da enzima AHAS modificada por genes como o XA-17 (Pionner Seed Company). Este

gene aumenta cerca de doze vezes a tolerância do milho ao nicosulfuron ao nível enzimático. Uma taxa dez vezes de chlorimuron, necessária para controle de plantas daninhas inibe fortemente o milho comum, mas não o milho com AHAS modificado pelo gene XA-17. Outros genes modificadores da AHAS, tais como XI-12 e QJ 22 são mais específicos para imidazalinonas e não aumentam expressivamente a tolerância às sulfoniluréias (Green e Ulrich, 1993).

Um fator proposto para elucidar o mecanismo responsável pela diferença na tolerância entre cultivares a herbicidas inibidores de aminoácidos (sulfoniluréias e imidazolinonas), tem sido a susceptibilidade da inibição da ALS por estes herbicidas. Em trabalhos realizados com chlorsulfuron e thifensulfuron em milho, foram encontrados alta susceptibilidade da atividade da ALS presente em tecidos da parte aérea, tanto em linhagens tolerantes como sensíveis. Assim, a resposta diferencial entre os genótipos não indicou uma afinidade diferencial dos herbicidas para com a ALS. O nível de tolerância foi associado à quantidade de ALS presente nos tecidos da planta (Eberlein et al., 1989 e Ray, 1984).

Forlani et al., (1991), mediram e compararam a atividade da ALS em extratos da parte aérea e das raízes de sete linhagens de milho (tolerantes e sensíveis ao chlorsulfuron). Houve diferenças significativas entre linhagens quanto a atividade da ALS na raiz, sendo que o aumento da atividade foi correlacionada com um aumento no nível de tolerância ao chlorsulfuron. Para a atividade da ALS no tecido da parte aérea, não houve boa correlação. Para os autores, este resultado pode ser devido ao baixo conteúdo de ALS nas raízes, o que seria mais crítico, quando comparada com a parte aérea. O conteúdo de ALS nas raízes foi dezesseis vezes mais baixo do que na parte aérea, indicando que as raízes poderiam ser afetadas pelo chlorsulfuron em concentrações mais baixas do que aquelas que afetariam a parte aérea.

Condições ambientais podem influenciar a tolerância diferencial do milho às sulfoniluréias. Em avaliações com cultivares de milho doce, foram verificadas um aumento de até 25% no grau de injúrias às cultivares, quando da ocorrência de falta de chuva. O estresse de água, em que se segue a aplicação do nicosulfuron (até três semanas), pode aumentar a taxa de injúrias nas plantas de milho. Nestas condições, o metabolismo do nicosulfuron a formas menos tóxicas podem não ser suficientes para a prevenção de injúrias às plantas. (Monks, Mullins e Johnson, 1992; Morton e Harvey, 1992; Robinson, Monks e Schultheis, 1994).

Diferenças na temperatura também podem afetar a taxa de desintoxicação das sulfoniluréias (Morton e Harvey, 1992). Porgiglia et al., (1990), avaliando tolerância de híbridos

de milho ao primisulfuron aplicado em pós-emergência, verificaram que a injúria nas plantas, a nível de campo, foi geralmente associada às condições de alta umidade e baixas temperaturas. Assim sendo, a sensibilidade dos híbridos não foi sempre perceptível, mesmo usando doses acima da recomendada, pois, sob boas condições de cultivo, menos de 8% de 600 híbridos avaliados foram altamente susceptíveis ao produto. Morton e Harvey (1992), observaram que híbridos de milho doce, sensíveis ao nicosulfuron, expressaram um maior grau de susceptibilidade ao nicosulfuron (55 e 70 g/ha) no ano em que ocorreram altas temperaturas e estresse de umidade. Segundo os autores, estas condições poderiam ter diminuído a capacidade do híbrido em tolerar o produto, fazendo com que as plantas apresentassem maior índice de injúrias visuais, avaliadas sete dias após a aplicação.

Segundo Robinson, Monks e Schultheis (1994), há necessidade de outros estudos para uma compreensão maior sobre a influência de fatores ambientais sobre a fitotoxicidade variável no milho, quando da aplicação de nicosulfuron, sob condições ambientais desfavoráveis.

De acordo com Simpson, Diehl e Stoller (1994); Stall e Bewick (1992), a sensibilidade de cultivares de milho ao nicosulfuron pode ser modificada pela escolha do inseticida a ser aplicado no solo. Aplicações deste herbicida na cultura do milho, que fora tratada previamente com inseticidas organofosforados, principalmente terbufos, pode resultar em uma interação antagônica. O resultado pode vir a ser expresso visualmente, através de encurvamento de folha, necrose foliar e arroxamento do caule. A interação herbicida-inseticida, faz com que o milho apresente uma taxa de metabolismo mais lenta do nicosulfuron, o que acarreta uma menor tolerância da planta ao herbicida. Stall e Bewick (1992), avaliando a resposta de três cultivares de milho doce ao nicosulfuron (36 g/ha), verificaram que no tratamento em que foi aplicado o inseticida terbufos (14,5 Kg/ha), houve uma redução significativa da produção (ton/ha) para todas as cultivares. Já no tratamento em que foi adicionado o inseticida chlorpyrifos, uma redução significativa da produção ocorreu em apenas uma das cultivares.

Green e Ulrich (1993), observaram que a presença da enzima AHAS modificada pelo gene XA-17, aumentou a tolerância da cultivar de milho, ao tratamento constituído por nicosulfuron e terbufos. A inibição do crescimento, avaliada através do peso fresco da planta, foi 74% maior na cultivar que não continha a enzima. A inibição foi nula, na cultivar que apresentava a enzima.

Trabalhos preliminares, têm indicado que há uma redução na severidade da interação, quando 2,4-D é adicionado ao tanque com o nicosulfuron e terbufos. Em ensaios de casa de

vegetação, plantas de milho tratadas com nicosulfuron e terbufos tiveram os sintomas visuais de injúrias e o peso da matéria seca da parte aérea significativamente menores quando houve o acréscimo do 2,4-D. O mecanismo que possibilita o efeito protetor do 2,4-D ainda não é bem conhecido. Uma hipótese seria que a proteção resultaria da estimulação do sistema enzimático responsável pelo metabolismo do nicosulfuron ou pela atividade de 2,4-D como auxina, aumentando a produção do citocromo P450, responsável pelo metabolismo do nicosulfuron, via hidroxilação (Simpson, Diehl e Stoller, 1994).

O uso do nicosulfuron pode ser limitado a cultivares que apresentem determinado grau de tolerância ao produto, visto que em cultivares sensíveis, principalmente de milho doce, a injúria pode se caracterizar por clorose foliar, alargamento da folha, redução de altura de planta, perda de produtividade e até morte da planta. (Green e Ulrich, 1993; Morton e Harvey, 1992; Robinson, Monks e Schultheis, 1994; Robinson et al., 1993 e Welch, 1991). A tolerância a sulfoniluréias é resultado da taxa do metabolismo do produto pela planta. O uso de protetores tem possibilitado o aumento deste metabolismo (Simarmata e Penner, 1993). Entretanto observa-se que o efeito protetor às vezes restringe-se à cultivares que já apresentam certo nível de tolerância, não ocorrendo o mesmo com cultivares mais sensíveis às sulfoniluréias. O uso de tratamento químico de sementes para aumentar a tolerância de cultivares ao nicosulfuron, requer outros estudos para avaliar os efeitos e doses dos protetores, que possibilite o aumento no uso do herbicida na maioria das cultivares de milho. (Burton et al., 1994; Robinson, Monks e Burton, 1994).

#### **2.4 Dinitroanilinas: trifluralin**

As dinitroanilinas são ativas no solo e controlam principalmente gramíneas anuais e algumas plantas daninhas de folha larga. Quando aplicadas ao solo, são incorporadas para evitar perdas por volatilização e fotodecomposição. Em geral, permanecem na camada superior do solo devido a baixa solubilidade em água e a tendência de se prender à matéria orgânica. (Vaughn e Lehnen, 1991).

O trifluralin, foi descoberto a quase trinta anos, sendo a dinitroanilina mais amplamente usada, sendo que o aumento na eficiência e seletividade foi obtido com modificações nas posições

1, 3 e 4 do anel estrutural (Holt, Powles e Holtum, 1993). Pode ser usado na cultura do milho em pré-plantio incorporado ou em pós, via herbicção, antes da emergência das plantas daninhas. (WSSA, 1994).

O mecanismo de ação do trifluralin se baseia na sua ligação à tubulina, principal proteína dos microtúbulos. Estes são responsáveis pelo movimento dos cromossomos nos vários estádios da mitose. O trifluralin retarda ou impede a polimerização dos microtúbulos, impedindo a migração dos cromossomos para os respectivos polos (anáfase), impedindo a formação da parede celular (telófase) e induzindo a formação de células multinucleadas. (Hess, 1994b e WSSA, 1994). Estas anormalidades não ocorrem em todas as células e uma das razões pode ser a diferença de atividade em função do tipo e/ou estágio de diferenciação, além da distribuição irregular do produto nas células, devido a baixa solubilidade do trifluralin em água e consequentemente baixa mobilidade (Parka e Soper, 1977). Dilatação das raízes é característica da atuação das dinitroanilinas (Vaughn e Lehnen, 1991). Sabe-se que as células aumentam de maneira cilíndrica, porque as microfibrilas que dão suporte às mesmas, são orientadas num padrão de hélice. Esta orientação preferencial, confere à parede celular um suporte longitudinal, fazendo com que a célula dilate principalmente em comprimento. Os microtúbulos são julgados serem a estrutura que orientam as microfibrilas. Sem estes, a orientação é aleatória e a parede não tem suporte preferencial em nenhuma direção, fazendo com que a dilatação da raiz seja esférica e a área da extremidade se torne dilatada (Hess, 1994b).

Não há nenhuma informação com relação à natureza do sítio de ligação de herbicidas à tubulina, e pouco tem sido publicado sobre a relação estrutura/atividade dos herbicidas que atuam neste sítio. Outros sítios nos quais os herbicidas inibidores da mitose, como o trifluralin, poderiam potencialmente atuar, seriam nas proteínas associadas aos microtúbulos, assim como nas proteínas dos centros de organização destes. (Duke, citado por Mendoza, 1993). Há uma hipótese que sugere que o efeito das dinitroanilinas na formação dos microtúbulos é de forma indireta, causando diminuição dos níveis de  $Ca^{2+}$  dentro da célula. Contudo esta proposta tem sido contestada, com o argumento de que a saída (efflux) de  $Ca^{2+}$  mitocondrial requer concentrações de herbicida cerca de 100-1000 vezes maior do que aquelas necessárias para inibir a mitose (Holt, Powles e Holtum, 1993).

No milho, quando tratado com trifluralin, pode ocorrer um arrochamento próximo à base das hastes. A base dos brotos das gramíneas dilata-se, parecendo bulbosa. A inibição do

crescimento da raiz é um sintoma perceptível em plântulas emergidas e plantas estabelecidas, especialmente no desenvolvimento das raízes laterais e secundárias. As raízes ficam com as extremidades espessadas. (WSSA, 1994). O trifluralin testado em quatro diferentes níveis (0, 1, 2 e 4 mg/50 ml de água), reduziu raízes e brotos no milho e algodão, sendo que o algodão foi mais tolerante que o milho. As raízes não conseguiram prolongar-se normalmente, porém, o crescimento lateral que continuou, deu à radícula a aparência de “clava”, especialmente no milho. No milho foi muito evidente a ausência da radícula e das raízes seminais, necessárias para o desenvolvimento normal da planta. A formação da placa e da parede celular foram pouco evidentes. (Hacskazlo e Amato, 1968).

O trifluralin é absorvido primeiramente por brotos emergentes (coleóptilo em gramíneas) e secundariamente pelas raízes das plântulas; acumulando-se em concentrações muito altas, visto que parece ligar-se fortemente aos componentes lipídicos das membranas celulares. Em plantas além do estado de plântulas, ocorre absorção prontamente pelas raízes, porém a translocação acropétala para os brotos é limitada, devido a rápida agregação às membranas e outros tecidos da raiz de natureza lipolífica. (WSSA, 1994). Através de estudos microradiográficos, realizados em <sup>14</sup>C-trifluralin, verificou-se que dentro das raízes de soja e algodão, a radioatividade foi detectada nas paredes do xilema e células corticais, sendo que esta intensa adsorção do produto pelo xilema, justifica a restrição de sua movimentação para a parte aérea da planta (Strang e Rogers, 1971).

Os mecanismos responsáveis pela seletividade às dinitroanilinas em culturas não estão bem esclarecidos. Em geral, a tolerância está associada com o baixo nível de absorção do herbicida e o reduzido movimento para longe das camadas mais externas das células. (Holt, Powles e Holtum, 1993). Devido ao pouco movimento do trifluralin dentro das plantas, os sintomas foliares observados, são respostas secundárias devido a disruptura do sistema radicular. (Hartzler, Fawcett e Taber, 1990). Em muitas espécies, a tolerância às dinitroanilinas pode ser associada a altos níveis de lipídios na semente, raízes ou cotilédones. Os lipídios “armazenam” os herbicidas, impedindo a sua ação em pontos vitais das células (Holt, Powles e Holtum 1993 e WSSA, 1994). Para a soja, com 24,9% de lipídios nas sementes, foram necessários 2,62 ppm de trifluralin para atingir o I<sub>50</sub> nas raízes e para o sorgo com 4,5% de lipídios, bastaram apenas 0,17ppm (Holt, Powles e Holtum, 1993).

Embora seja restrita a capacidade de muitas plantas em metabolizar dinitroanilinas, algumas espécies como amendoim e soja podem metabolizar muitos herbicidas deste grupo. Foi observado que após três dias do tratamento com trifluralin em batata e amendoim, 83 e 89%, respectivamente, do trifluralin foi metabolizado. Quando as dinitroanilinas são metabolizadas, quantidades pequenas de numerosos produtos resultantes da degradação são observados, provavelmente devido às inúmeras rotas metabólicas que são possíveis ocorrerem. (Holt, Powles e Holtum, 1993). As rotas que metabolizam trifluralin incluem: dealquilação do N, redução de grupos  $\text{NO}_2$  a  $\text{NH}_2$ , oxidação para produção de derivados de fenóis e conjugação do produto original. (WSSA, 1994). A maior concentração do trifluralin nas mitocôndrias das células, permite inferir que a fosforilação oxidativa é inibida pelo produto, de forma similar à oligamicina, que atua como inibidor de transferência de energia (Hartzler, Fawcett e Taber, 1990).

Moreland, Farmer e Hussey (1972), mostraram ocorrência na redução da absorção do oxigênio em pontas de raízes de milho, quando na presença de trifluralin. Além do mais, a fosforilação foi completamente desacoplada da oxidação, em mitocôndrias isoladas de raízes primárias de plântulas, germinadas por 96 horas na presença do produto. Parka e Soper (1977) verificaram efeitos semelhantes sobre os mesmos processos bioquímicos, avaliando a parte aérea do milho e sorgo e do hipocótilo de soja. Eles observaram maiores danos aos dois processos na soja (espécie tolerante) do que no sorgo (espécie susceptível), sugerindo que os efeitos do trifluralin sobre a absorção do oxigênio e fosforilação oxidativa não pareceu estar relacionados com a seletividade ao produto.

Segundo Barrentine e Warren (1971a), o efeito inibitório do crescimento efetuado pelo trifluralin parece ser dependente da concentração do produto e da época em que o mesmo entra em contato com as regiões meristemáticas das plântulas. O sítio de ação do trifluralin na parte aérea pareceu ser dependente da época de exposição ao herbicida, visto que o crescimento da parte aérea no sorgo (espécie sensível) foi reduzido quando trifluralin foi aplicado no nó coleoptilar, tanto antes como depois da emergência da parte aérea. O meristema intercalar e/ou região de alongação nas plântulas, pareceu ser o sítio mais sensível antes da emergência. O ponto de crescimento da parte aérea foi mais sensível na emergência. Olson, Mckercher e Halstead (1984), observaram que plantas de trigo que apresentaram sintomas de toxicidade nas raízes, foram capazes de se recuperarem quando o trifluralin foi usado em doses subletais.

Barrentine e Warren (1971b), não observaram redução no peso da parte aérea do milho, tratado com trifluralin a 1,12 kg/ha. O produto foi aplicado na zona inteira da parte aérea, depois que o broto já tinha emergido. O meristema intercalar mais sensível, localizado um pouco abaixo do nó coleoptilar, já tinha feito sua função durante a emergência. Além do mais, a dosagem de 1,12 kg/ha foi muito baixa para penetrar e inibir o ponto de crescimento ativo após a emergência, evidenciando ser esta região mais dependente da concentração do trifluralin. Schultz, Funderburk e Negi (1968), em estudos de câmara de crescimento, atestaram que, em raízes de plântulas de milho tratadas com solução contendo trifluralin (5 mg/l), houve uma supressão da síntese de ácido nucleico. A supressão foi maior no tratamento de 72 horas do que em 96 horas. Para os autores, isto se deveu provavelmente, ao fato de que as raízes conseguiram superar o efeito da concentração inicial do trifluralin e começaram um novo crescimento.

Hartzler, Fawcett e Taber (1990), observaram que em raízes de milho injuriadas por trifluralin, ocorreram maiores concentrações de fósforo e potássio por unidade de comprimento de raiz, indicando que indiretamente os mecanismos de absorção de íons não são inibidos diretamente pelo trifluralin. O aumento na absorção mineral pode ser parcialmente explicado pela dilatação da raiz causada pelo trifluralin. A redução nos níveis de fósforo e potássio observados nos tecidos da parte aérea, provavelmente foi devido a redução no alongamento das raízes provocadas pelo trifluralin que, por consequência, proporcionou menor área de exploração pelas raízes.

Vapores do trifluralin são tão eficazes como um contato com a solução contendo o produto, no que se refere à produção de sintomas morfológicos de toxicidade em plântulas de milho (Schultz, Funderburk e Negi, 1968). Uma alta pressão do trifluralin pode ser um agravante para a toxicidade em plantas. Num estudo comparativo, vapores de trifluralin acarretaram um maior decréscimo do crescimento da parte aérea de plântulas de sorgo e pepino, do que vapores de nitralin. Isto foi provavelmente, devido à maior pressão de vapor do trifluralin (Barrentine e Warren, 1971a).

A posição do trifluralin no solo pode ocasionar uma variabilidade nos índices de toxicidade às plantas. A bioatividade do trifluralin está diretamente relacionada com a concentração e inversamente com a profundidade de incorporação e colocação do herbicida no solo (Okafor, Sagar e Shorrocks, 1983). A seletividade às dinitroanilinas em culturas é aumentada pela colocação das sementes abaixo da camada de solo, onde se encontra o herbicida (Holt, Powles e

Holtum, 1993). Raízes de plantas de soja e milho tiveram maior inibição à medida que se aumentou a profundidade de incorporação do trifluralin (Barrentine e Warren, 1971b). Em um ensaio de campo, avaliando a influência da profundidade de incorporação do trifluralin (0,6 kg/ha) no solo, sobre a tolerância de linhagens e híbridos de milho; Roggenbuck e Penner (1982), mostraram que a incorporação a 7,5 cm resultou numa redução significativa do eestandee de plantas. Barrentine e Warren (1971a), relataram que a produção de raízes laterais de algodão e soja, aumentou abaixo da camada de solo tratada com trifluralin. A produção de raízes adventícias no sorgo aumentou na zona da parte aérea das plântulas, a qual estava protegida da camada de solo tratada com trifluralin, localizada em uma região superior à zona radicular. As raízes de monocotiledôneas geralmente são mais afetadas quando comparadas com as de dicotiledôneas.

Roggenbuck e Penner (1987), determinaram diferenças na tolerância ao trifluralin, em híbridos de milho cultivados em vasos, quando comparados com os cultivados nos ensaios de campo. Embora muitos fatores pudessem influenciar esta diferença, foram sugeridos dois diferentes mecanismos: tolerância fisiológica, quando as raízes estão restritas ao solo de vaso, tratado com trifluralin e tolerância morfológica ou a capacidade de escapar do herbicida, o que faz com que as raízes cresçam longe do herbicida, como ocorre no campo.

Entre os fatores que influenciam o desaparecimento de um herbicida do solo, pode-se incluir: perda física por volatilização, lixiviação e degradação através de processos fotoquímicos, microbiológicos e químicos (Okafor, Sagar e Shorrocks, 1983). A persistência de um herbicida, além do período necessário para o controle de plantas daninhas pode provocar problemas de "carry-over" em culturas sucedâneas. O milho, como cultura sucedânea à soja, pode ser severamente injuriado pelo trifluralin quando ocorre o "carry-over" . (Roggenbuck e Penner, 1987). A persistência do trifluralin no solo é aumentada pela incorporação profunda (Barrentine e Warren, 1972b). A seletividade ao trifluralin pode ser aumentada pelo plantio atrasado, permitindo que alguma degradação do produto possa ocorrer (Holt, Powles e Holtum, 1993). O trifluralin é mais persistente sob condições de campo do que em casa de vegetação. Aparentemente no campo, não há acúmulo significativo de trifluralin, mesmo utilizando o dobro da dose e da frequência recomendada. A persistência do trifluralin para taxas normais é de 5 a 6 meses e aumenta com o decréscimo da temperatura e da umidade do solo (Roggenbuck e Penner, 1987).

Embora não tenham sido inteiramente pesquisados, temperatura, umidade do solo, outros herbicidas e diferenças genéticas podem influenciar na tolerância do milho ao trifluralin

(Roggenbuck e Penner, 1987). Em um experimento de câmara de crescimento, Penner (1971), observou que o milho acumulou uma concentração mais alta de  $^{14}\text{C}$  - trifluralin quando cultivado a  $20^{\circ}\text{C}$ , tanto nas raízes como na parte aérea, quando comparado ao cultivo na temperatura de  $30^{\circ}\text{C}$ .

A degradação do trifluralin aumentou com a elevação da temperatura em solo úmido, porém foi baixa e não dependente da temperatura do ar, quando em solo seco, por um período de incubação por dez meses (Parka e Tebe, 1969). O trifluralin quando presente na superfície do solo, se exposto à radiação solar, sofre degradação fotoquímica. Sob condições de solos ácidos, a persistência do trifluralin é maior, provavelmente devido a mudança fisico-química no complexo adsorção-desorção do herbicida no solo, antes da ocorrência da degradação do produto. A degradação microbiana, mesmo não sendo o principal processo de perda do trifluralin no solo, é reduzida em solos ácidos (Savage, 1973). Concentrações de trifluralin suficientes para redução de 50% de crescimento foram determinadas em 64 simulações de solo, usando *Setaria italica*, como espécie indicadora. A matéria orgânica foi o componente do solo que mais contribuiu para redução da toxicidade às plantas, devido a maior adsorção do herbicida, provavelmente em consequência do aumento da capacidade aniônica e a maior área de superfície (Hollist e Foy, 1971).

O teor de água no solo, pode influenciar a toxicidade dos herbicidas dinitroanilinas às plantas. Esta fitotoxicidade geralmente aumenta proporcionalmente com a quantidade de água no solo. Difusão e fluxo de massa são provavelmente os principais fatores envolvidos na atividade das dinitroanilinas no solo (Harvey, 1973). A importância do fluxo de massa na água que está sendo embebida durante a germinação, seria governada pela concentração do herbicida na solução do solo e pela quantidade de água absorvida pela semente (Scott e Phillips, 1971). Em condições de solo seco, geralmente o trifluralin não é eficaz como herbicida (Okafor, Sagar e Shorrocks, 1983) e apresenta uma baixa difusão no solo (Harvey, 1973).

Muitas das pesquisas descritas sobre trifluralin na literatura, tratam de avaliações em apenas uma cultivar sob um conjunto de condições ambientais ou condições de campo que variam de ano para ano. Há algumas diferenças confusas encontradas na literatura sobre o efeito do trifluralin em plantas. Mudando um fator como a temperatura ou alterando uma variedade ou híbrido estudado, poderia-se concluir que um determinado material genético foi tolerante ao invés de susceptível (Roggenbuck e Penner, 1982). Quando a variabilidade na tolerância do milho é combinada com respostas específicas dos híbridos ao trifluralin, em diferentes condições

ambientais, torna-se muito difícil prever respostas de campo. Ao mesmo tempo, o potencial para o melhoramento genético é também nítido. Se híbridos e linhagens endogâmicas com vários mecanismos de tolerância ao trifluralin puderem ser identificados, talvez um híbrido totalmente tolerante possa ser produzido por técnicas tradicionais de melhoramento (Roggenbuck e Penner, 1987).

Davis, Abernathy e Wiese (1978), avaliaram em campo, 18 linhagens endogâmicas e 34 cruzamentos simples de milho ao trifluralin (0,56 kg/ha). Encontraram um intervalo de 0-70% de injúrias visuais. Os autores sugeriram que a variabilidade genética foi um fator que influenciou decididamente no grau de tolerância do milho ao trifluralin. Roggenbuck e Penner (1987), testaram em dois ensaios de casa de vegetação, 13 híbridos de milho para tolerância ao trifluralin (0,45 kg/ha). Pela análise do comprimento, peso fresco e peso seco de raiz e do peso seco da parte aérea, os autores verificaram que o herbicida limitou o crescimento das plantas, de modo que as diferenças entre linhagens desapareceram. Isto foi interpretado como o produto causando maior fitotoxicidade aos híbridos que mostraram maior crescimento.

## 2.5 Triazinas: cyanazine

Cyanazine é uma clorotriazina, pertencente ao grupo dos inibidores fotossintéticos, sendo utilizado no controle de muitas folhas largas anuais e algumas espécies de gramíneas. Na cultura do milho é utilizado em pré plantio, PRE ou POS emergência (WSSA, 1994).

O mecanismo de ação do cyanazine se baseia na inibição da fotossíntese, ligando-se ao sítio de ligação  $Q_B$  da proteína  $D_1$ , do complexo do fotossistema II em membranas de tilacóides de cloroplastos. Desse modo, há um bloqueio do transporte de elétrons da plastoquina  $Q_A$  para a plastoquinona  $Q_B$ , impedindo a fixação de  $CO_2$  e produção de ATP e  $NADPH_2$ . A incapacidade de reoxidar  $Q_A$ , promove a formação da clorofila de estado de energia triplíce, que interage com o oxigênio para formar o oxigênio reativo de carga simples. Tanto a clorofila de carga triplíce, quanto o oxigênio reativo podem retirar um hidrogênio dos lipídios insaturados, produzindo um radical lipídico no ácido graxo insaturado da membrana, iniciando uma reação em cadeia de peroxidação da membrana (Hess, 1994c e WSSA, 1994). Há uma hipótese de que o oxigênio

carregado pode reagir com a água e formar o peróxido de hidrogênio ( $H_2O_2$ ), capaz de iniciar o processo da peroxidação da membrana e a consequente ruptura da mesma (Hess, 1994c).

A peroxidação da membrana do cloroplasto e a formação da clorofila tríplice, que sobrecarrega o sistema de proteção proporcionado pelos carotenóides, explicam o aparecimento da clorose internervural ou marginal nas folhas seguida por necrose, a qual pode ser evidenciada dentro de 3-4 dias após o processo atingir a parede celular. Quando o cyanazine é aplicado no solo, os sintomas são observados primeiramente nas folhas inferiores (Hess, 1994c; WSSA, 1994).

O cyanazine é absorvido tanto pelas folhas quanto pelas raízes. Quando absorvido pela raiz, move-se prontamente até os brotos via xilema. Quando absorvido pelas folhas, pode concentrar-se um pouco ao longo das margens foliares, porém move-se pouco para fora das folhas tratadas, isto é, a translocação via floema é inexpressiva, sendo a ação mais de contato do que sistêmica (Holt, Powles e Holtum, 1993; WSSA, 1994).

A base da seletividade ao cyanazine não é baseada somente na absorção foliar diferencial do produto, mas também na proporção translocada pela folhagem e raízes. A presença de aditivos, aumentos de temperatura e umidade relativa são condições que aumentam a absorção do cyanazine, o que pode conferir uma redução na margem da seletividade. (Holt, Powles e Holtum, 1993). Jensen et al., (1977), observaram uma redução além da esperada no crescimento de plântulas de milho, quando tratadas com solução nutritiva contendo  $3-5 \times 10^{-6}$  M de cyanazine, provavelmente devido a maior absorção durante o período de exposição ao produto. Shimabukuro (1967), demonstrou que a tolerância do milho a atrazine está vinculada com a capacidade da planta de milho desdobrar o herbicida em seu sistema radicular.

Experimentalmente, Kern, Meggitti e Penner (1975), verificaram que menos cyanazine foi translocado das raízes até as folhas de plântulas de milho, quando comparado a duas espécies de plantas daninhas gramíneas. Mesmo com a ocorrência de um metabolismo rápido nas raízes de milho, o grande aumento de cyanazine absorvido via sistema radicular resultou em concentrações internas de cyanazine não metabolizado similares às observadas nas outras gramíneas. Isto evidenciou ser a absorção radicular um importante fator para o aumento da toxicidade no milho pelo cyanazine. Também foi observado uma redução do peso fresco da planta, quando a aplicação foi realizada na parte aérea e nas raízes. As folhas do milho, aos 2 e 5 dias após o tratamento, absorveram somente 35 e 20% do  $^{14}C$ -cyanazine, respectivamente. Após este período, houve um aumento significativo da translocação nos tratamentos aos quais foram adicionados um

determinado tipo de óleo à calda. Segundo os autores este pode ter sido um fator para o aparecimento de injúria foliar observada no ensaio de campo.

O milho possui uma tolerância biológica às triazinas (Holt, Powles e Holtum, 1993). A tolerância do milho ao cyanazine, pode ser entendida pela capacidade bioquímica da planta em decompor as moléculas do grupo das triazinas simétricas. A transformação das moléculas fitotóxicas em subprodutos inócuos e aproveitáveis dentro das sequências metabólicas, se constitui num aspecto diferencial importante no milho e em plantas daninhas (Durigan e Haffi, 1993). As triazinas são metabolizadas através da 2-hidroxilação, conjugação com glutatona e de maneira mais reduzida pela N-dealquilação de cadeias laterais com subsequente oxidação. Estas três rotas de degradação são verificadas no milho (Holt, Powles e Holtum, 1993). Derivados hidroxilados foram os principais metabólitos encontrados no milho e em plantas daninhas gramíneas tratadas com cyanazine (Kern, Meggitt e Penner, 1975).

Plantas sensíveis aos inibidores fotossintéticos, apresentam declínio da fixação de  $\text{CO}_2$  num período de poucas horas, podendo a redução alcançar níveis próximos a zero num prazo de até dois dias, impossibilitando a recuperação da planta. Em plantas tolerantes, o declínio da fixação de  $\text{CO}_2$  é revertido em poucos dias (Hess, 1994c). A resposta do balanço final de troca do  $\text{CO}_2$  (NCE - net  $\text{CO}_2$  exchange), tem sido usada para avaliar a tolerância relativa das culturas aos inibidores fotossintéticos (Jensen, Stephenson e Hunt, 1977).

A produção de matéria seca no milho e em outras oito gramíneas, tratadas com solução nutritiva contendo  $3-5 \times 10^{-6}$  M de cyanazine, foi diretamente correlacionada com a taxa de recuperação fotossintética. Algumas espécies, não incluindo o milho, mostraram tolerância maior que a esperada apesar do baixo valor do NCE. Tal fato se sucedeu com o milho, quando tratado pelo cyprazine. Esta tolerância, maior que a esperada, relacionou-se provavelmente com outros fatores além da taxa de metabolismo, como por exemplo, espécies poderem diferir na concentração do herbicida dentro da folha necessário para inibir a fotossíntese. A inibição do NCE, diretamente correlacionada com a absorção e translocação do cyanazine, foi geralmente menor e a recuperação mais rápida entre as espécies tolerantes, como no milho (Jensen et al., 1977).

Quando se tenta relacionar ou prever a tolerância aos inibidores fotossintéticos a partir do NCE, pode-se subestimar a tolerância em alguns casos. Isto pode ser devido ao fato de que a recuperação fotossintética somente reflete a desintoxicação do herbicida. Todavia, sob condições

normais, vários fatores de planta, solo e clima podem interagir para influenciar a absorção, o metabolismo e a retenção do herbicida. Estes fatores por sua vez, afetariam bastante a tolerância da cultura. Neste aspecto, pode-se observar que erros na predição da tolerância, (especialmente para prever tolerância de campo), são geralmente subestimados aos invés de superestimados (Jensen, Stephenson e Hunt, 1977).

A fim de que um inibidor fotossintético injurie uma planta, uma certa concentração do produto no sítio de ação deve ser alcançada e mantida por um certo período de tempo. A duração do período necessário é afetada pelas condições da planta e do ambiente, nas quais a planta está se desenvolvendo (Holt, Powles e Holtum, 1993).

A temperatura antes, durante e depois das aplicações em pós-emergência, pode influenciar no grau de fitotoxicidade dos herbicidas do grupo das triazinas, pois as plantas que crescem sob condições de diferentes temperaturas variam morfológicamente e metabolicamente (Holt, Powles e Holtum, 1993). Baixas temperaturas antes e imediatamente após a aplicação foliar do cyanazine, aumentam a toxicidade aparente no milho, devido a redução da desintoxicação do produto efetuada pela planta. (Stefanovic e Zaric, 1991). As taxas de difusão do herbicida através da cutícula e membranas das células podem ser modificadas pela temperatura, assim como alterações na espessura, composição química, viscosidade e ultraestrutura da cutícula. Também a resistência do estômato diminui com o aumento de temperatura, o que induz a uma maior absorção das triazinas (Thompson, Slife e Butler, 1970). A temperatura também altera a atividade a nível de cloroplasto. A proteína D<sub>1</sub>, também referida como proteína 32 Kilodalton, considerada o sítio de atuação dos herbicidas de triazinas, sofre mudanças na sua conformação como consequência de temperaturas elevadas, da mesma forma que a atividade do transporte de elétrons e a estrutura das membranas dos tilacóides são modificadas. Apesar da fisiologia e bioquímica de plantas injuriadas por triazinas, sob condições de altas temperaturas, terem sido extensivamente estudadas, a base fisiológica que explique o efeito da temperatura na fitotoxicidade, carece de maiores informações (Al-Khatib et al., 1992).

Em condições úmidas e frias, especialmente após aplicações de pós precoce, pode ocorrer a redução do vigor do milho, visto que há um aumento na absorção do herbicida aplicado (Schuh e Harvey, 1991). Investigando a eficácia de taxas reduzidas de combinações de herbicidas, aplicadas em pós precoce na cultura do milho doce, O'Sullivan e Bouw (1993), verificaram que houve uma tendência para uma pequena redução de rendimento na taxa 1x de herbicida,

principalmente nos tratamentos que continha cyanazine. Para os autores, este fato pode ter sido resultado da redução do vigor das plantas, causado por uma sensibilidade ao cyanazine sob condições de temperaturas frias.

Thompson, Slife e Butler (1970), avaliaram o milho no estágio de três folhas, cultivado em câmara de crescimento sob condições frias e úmidas, por um período de 18 a 21 dias, tratado pelo atrazine. Observaram que a injúria proporcionada pelo atrazine, foi mais severa quando as plantas foram mantidas sob condições frias e úmidas por 48 horas após a aplicação foliar de atrazine, seguida por exposição a luminosidade intensa (9,000 ft.c) e temperatura elevada (30°C). Sob estas condições, aproximadamente 50% das plantas morreram. Um maior acúmulo do atrazine foi verificado, visto que na folhagem molhada antes e após a aplicação aumentou a penetração foliar. Também à baixa temperatura (15°C), houve diminuição da taxa de desintoxicação do atrazine a conjugados peptídicos. A alta luminosidade provavelmente aumentou a temperatura da planta, intensificando a taxa respiratória. Dessa forma os carboidratos foram exauridos mais rapidamente. Segundo os autores, a acumulação do atrazine absorvido pelas folhas e as condições de estresse, às quais as plantas foram submetidas, provavelmente foram os fatores responsáveis pela injúria no milho.

Al-Khatib et al., (1992), observaram que em monocotiledôneas a absorção foliar do atrazine aumentou à medida que se elevou a temperatura (15/35°C). Da mesma forma, o metabolismo do herbicida por meio da hidroxilação e conjugação com glutatona aumentou nestas condições. À temperatura de 35°C houve maior redução da atividade do fotossistema II (PSII). Para os autores, o aumento da fitotoxicidade de atrazine foi, provavelmente, devido ao aumento da absorção foliar e a maior afinidade do produto para com o sítio de ação, em condições de altas temperaturas.

O cyanazine é menos persistente no solo do que outras triazinas, o que permite ser usado em situações onde problemas de "carry over" são uma preocupação (Sironi, Frank, e Sawyer, 1983). Foi observado que a longevidade do cyanazine foi diminuída em solos alcalinos (pH: 7,1). Após quarenta dias da aplicação, mais de 50% de cyanazine foi convertido em ácido cyazínico. Em solos ácidos (pH:5,6), a longevidade do cyanazine foi maior. A diminuição do pH do solo aumentou a persistência do produto, porém num estado adsorvido e potencialmente indisponível. A biodegradação acelerada do cyanazine, devido a formação de uma população microbiana, não

foi observada. Contudo, outros estudos são necessários para caracterizar a natureza da degradação do cyanazine. (Blumhorst e Weber, 1992).

Cerca de sessenta espécies de plantas daninhas, a nível mundial tem desenvolvido resistência às triazinas. O mecanismo de resistência nas plantas daninhas, tem sido usado para obtenção de resistência em plantas de cultura. Maiores avanços para obtenção de plantas transgênicas, têm esbarrado na dificuldade para introdução do gene "psbA" alterado nos cloroplastos. Este gene é o responsável pela mudança na codificação de aminoácidos na proteína D<sub>1</sub>, sítio de ação das triazinas (Holt, Powles e Holtum, 1993 ; WSSA, 1994). O milho apresenta tolerância natural ao atrazine e simazine, contudo tem sido demonstrado que linhagens endogâmicas de milho, apresentam padrão diferenciado de tolerância (Fuerst et al., 1986).

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Experimento preliminar conduzido em casa de vegetação.

##### 3.1.1 Avaliação da tolerância de dezoito cultivares de milho pipoca ao metolachlor, cyanazine e nicosulfuron.

O objetivo deste experimento foi verificar a ocorrência de uma possível variabilidade entre cultivares de milho pipoca, quanto à resposta às aplicações de alguns herbicidas usados na cultura do milho comum.

O experimento foi conduzido entre maio e julho de 1993, no campus da Universidade Federal de Lavras (UFLA), Lavras-MG. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado, esquema fatorial 4x18, com duas repetições, sendo um fator representado por três herbicidas (metolachlor, nicosulfuron e cyanazine a 2,4; 0,06 e 2,5 kg/ha; respectivamente) e a testemunha; o outro fator correspondeu às dezoito cultivares do Ensaio Nacional de Milho Pipoca (CNPMS/EMBRAPA- ano II- 1992/93), relacionadas na Tabela 1. A parcela experimental constou de um vaso de 3,0 dm<sup>3</sup>, com cinco plantas.

O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo húmico distrófico, constituído por 23% de areia, 11% de silte e 66% de argila. Seu teor de matéria orgânica era de 1,5 % e o pH: 5,3 ; coletado de 0-50 cm de profundidade. O solo foi peneirado e adubado para o plantio com: 50 mg de N, 200 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 100 mg de K<sub>2</sub>O, 20 mg de Mg e 5 mg de Zn para cada kg de solo. Foram realizadas adubações em cobertura com 50 mg de N, aos 10 e 25 dias após o plantio (DAP). O solo foi mantido úmido, próximo à capacidade de campo, durante todo o experimento. Foram semeadas sete sementes por vaso, a uma profundidade de 2 cm. Posteriormente fez-se um desbaste, deixando cinco plantas.

TABELA 1- Algumas características das cultivares do Ensaio Nacional de Milho Pipoca (CNPMS/EMBRAPA) - ano II - 1992/93.

Cultivar	Empresa	Tipo de cultivar	Cor do grão
RS-20	IPAGRO	VAR	AMARELA
SAM	IAC	VAR	AMARELA
MF - 1001	IAC	VAR	AMARELA
COLORADO 2	MAYS FORTE	H.I.V	AMARELA
COLORADO 1	COLORADO	H.I.V	AMARELA
CMS 43 CI	COLORADO	H.I.V	AMARELA
CMS 42 CI	EMBRAPA	VAR	BRANCA
PIRAPOCA B	EMBRAPA	VAR	AMARELA
UNB-2	ESALQ	VAR	BRANCA
BR-440	UNB	VAR	AMARELA
GO-100 P	EMBRAPA	VAR	BRANCA
CMS 43 CII	GRÃOS DE OURO	VAR	AMARELA
ROGOBRAS 1	EMBRAPA	VAR	AMARELA
ROGOBRAS 2	ROGOBRAS	H.I.V	AMARELA
ZELIA 01	ROGOBRAS	H.I.V	AMARELA
ROGOBRAS 3	PIONEER	H.T	AMARELA
MF- 1002	ROGOBRAS	H.I.V	AMARELA
H - 16	IAC	H.I.V	AMARELA

VAR = Variedade

H.I.V. = Híbrido Inter Varietal

H.T. = Híbrido Triplo

Os herbicidas foram aplicados com pulverizador costal pressurizado à CO<sub>2</sub>, munido de dois bicos Quick-jet 110.04, com pressão média de 2,5 kgf/cm<sup>2</sup> e vazão média de 254 l/ha. As temperaturas mínima e máxima observadas, durante o experimento, foram de 11 e 27°C. O metolachlor foi aplicado em pré emergência, um dia após o plantio. O nicosulfuron e o cyanazine foram aplicados

em pós -emergência, com as plantas no estágio de 3-4 folhas (22 DAP). Os efeitos dos tratamentos herbicidas foram avaliados através do volume de raiz, pesos da matéria seca da parte aérea e da raiz, aos 42 DAP.

### **3.2. Experimentos conduzidos em casa de vegetação.**

#### **3.2.1. Considerações gerais.**

Para a condução destes experimentos e do ensaio de campo, foram selecionadas as cultivares: Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1. Os seguintes critérios foram considerados na seleção dessas cultivares:

- a- Avaliação dos materiais mais promissores das diferentes companhias e instituições, para que se tivesse uma representatividade dos diferentes genótipos de milho pipoca disponíveis no país. As cultivares consideradas mais promissoras, foram selecionadas com base na análise dos parâmetros avaliados nos experimentos do Ensaio Nacional de Milho Pipoca-ano II 1992/93.
- b- Dentre as cultivares com melhor desempenho em cada grupo genotípico, foram escolhidas as que apresentaram maior nível de tolerância aos herbicidas. A distinção de tolerância foi a partir da avaliação do volume de raiz, pesos da matéria seca de raiz e de parte aérea das cultivares avaliadas no ensaio preliminar, conduzido em casa de vegetação.
- c- Disponibilidade de semente para condução dos experimentos em casa de vegetação e do ensaio de campo.

Os experimentos em casa de vegetação, em número de quatro, foram conduzidos no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS/EMBRAPA), em Sete Lagoas-MG. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado, esquema fatorial 5x6, com quatro repetições, sendo um fator representado por herbicidas (metolachlor<sup>1</sup> trifluralin<sup>2</sup>, cyanazine<sup>3</sup> ou nicosulfuron<sup>4</sup>) e a testemunha; o outro fator por seis cultivares (Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42-

---

1 - Dual 960 2 - Premerlin 600 3 - Bladex SC 4 - Sanson

TABELA 2 - Características físico-químicas do solo da área dos experimentos conduzidos em casa de vegetação e do ensaio de campo <sup>1/</sup>.

Características químicas						
pH em água	Al	Ca	Mg	K	P	MO
	eq mg/ 100 cc			ppm		%
5,1	0,30	2,80	0,40	83	12	2,65
Características físicas						
Areia		Silte	Argila	Classificação textural		
Grossa	Fina					
		%				
9	9	15	67	muito argiloso		

1/ Análises realizadas pelo Laboratório de Análises de Solos do Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo ( CNPMS/EMBRAPA ), Sete Lagoas-MG.

C I, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1). Cada parcela experimental constou de dois vasos de plástico de 4,0 dm<sup>3</sup>/vaso, com doze plantas. O solo utilizado foi coletado de 0-20 cm de profundidade, peneirado e corrigido seu pH. Sua procedência foi a mesma do experimento de campo (Tabela 2). A adubação de plantio foi com 100 mg de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 60 mg de K<sub>2</sub>O, 40 mg de N e 5 mg de Zn por kg de solo. Foram realizadas duas adubações em cobertura com 40 mg de N/vaso/adubação. O eestandee foi avaliado por ocasião da primeira avaliação de fitotoxicidade. Durante o transcorrer dos experimentos, o solo foi mantido úmido, próximo à capacidade de campo. Em cada vaso semeou-se oito sementes, a 2,0 cm de profundidade, posteriormente desbaestandeo, deixando seis plantas.

As pulverizações dos herbicidas foram realizadas sobre esteira rolante com velocidade controlada de 4,5 km/h, onde os vasos passaram sob pulverização de um bico Teejet 110.04, sob pressão média de 3,1 kgf/cm<sup>2</sup> e vazão média de 318 l/ha.

Os efeitos dos tratamentos herbicidas foram avaliados mediante contagem de plantas com sintomas visuais de injúrias (fitotoxicidade), volume de raiz, pesos da matéria seca de raiz e de parte aérea, altura de planta e quantificação de clorofila foliar total.

A fitotoxicidade foi avaliada pela contagem de plantas com malformações e relacionadas com o número total das plantas. A produção da matéria seca de raízes e de parte aérea foi obtida pela secagem em estufa a 75°C, durante 48 horas. Para volume de raiz usou-se o método da proveta (Silva, J. B. - CNPMS/EMBRAPA - comunicação pessoal)\*, o qual indica o deslocamento de líquido, como consequência da ocupação de igual volume pelas raízes no meio líquido. A altura de planta, foi obtida considerando da base do colmo, ao colar da última folha completamente desenvolvida. Para a extração da clorofila foliar total (Arnon, 1949), foi retirada a última folha completamente expandida de uma planta, em cada parcela. O material foi acondicionado em caixa de isopor e resfriado com gelo. Em seguida, foi retirada uma amostra de aproximadamente 0,1g (peso da matéria fresca) da região mediana de cada folha e triturada em um recipiente, contendo carbonato de magnésio e areia lavada. Em seguida a amostra foi transferida para um tubo de ensaio, utilizando-se de 20 ml de acetona 80% (v/v). Imediatamente o tubo foi envolto e coberto externamente com papel alumínio. O conjunto dos tubos foi levado a centrifugação por dez minutos, a 1.200 rpm. As leituras dos extratos foliares foram feitas em colorímetro nos comprimentos de ondas 645 e 663 nm, utilizando-se como branco apenas acetona 80%. Os cálculos de mg de clorofila por g de peso da matéria fresca do tecido foliar foram feitos, segundo a equação (1), de acordo com Arnon (1949).

$$(1) \text{ Clorofila total} = (20,2 A_{645} + 8,02 A_{663})$$

Onde:

A=absorbância no comprimento de onda determinado.

---

\* João Baptista da Silva - Doutorado em Controle de Plantas Daninhas e atualmente trabalha no CNPMS/ EMBRAPA.

### **3.2.2 Experimentos com herbicidas de pré-emergência:**

#### **3.2.2.1 Experimento nº 1: Avaliação da tolerância das cultivares Zelia 01, CMS**

**43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao metolachlor.**

O experimento foi conduzido no mês de janeiro de 1994. As temperaturas mínima e máxima foram de 23 e 46°C, respectivamente. Fez-se uma adubação em cobertura aos 10 dias após o plantio (DAP).

O herbicida metolachlor foi aplicado nas doses de 1,2; 1,8; 2,4 e 3,0 kg/ha no dia seguinte ao plantio. As avaliações de fitotoxicidade foram realizadas aos 10 e 20 dias após a aplicação (DAA), peso da matéria seca da parte aérea aos 21 DAA.

#### **3.2.2.2 Experimento nº 2: Avaliação da tolerância das cultivares Zelia 01, CMS**

**43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao trifluralin.**

O experimento foi conduzido no período de janeiro a fevereiro de 1994. As temperaturas mínima e máxima foram de 24 e 48°C, respectivamente. A adubação em cobertura foi realizada aos 11 DAP.

O herbicida trifluralin foi aplicado nas doses de 0,6; 1,2; 1,8 e 2,4 kg/ha, no dia seguinte ao plantio. As avaliações de fitotoxicidade foram realizadas aos 12 e 21 DAA, volume e peso da matéria seca da raiz aos 22 DAA.

### **3.2.3 Experimentos com herbicidas de pós-emergência.**

#### **3.2.3.1 Experimento nº 3: Avaliação da tolerância das cultivares Zelia 01, CMS 43 II, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao nicosulfuron.**

O experimento foi conduzido no período de julho a setembro de 1994. As temperaturas mínima e máxima foram de 15 e 34 °C, respectivamente. Foram realizadas duas adubações em cobertura (11 e 25 DAP).

O herbicida nicosulfuron foi aplicado nas doses 0,03; 0,06; 0,09 e 0,12 kg/ha, com as plantas no estágio de 5-6 folhas (20 DAP).

A avaliação de fitotoxicidade foi realizada aos 14 DAA, a altura de planta aos 10 DAA, o volume de raiz, os pesos da matéria seca de parte aérea e de raiz aos 15 DAA.

#### **3.2.3.2 Experimento nº 4: Avaliação da tolerância das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao cyanazine.**

O experimento foi conduzido no período de setembro a outubro de 1994. As temperaturas mínima e máxima foram de 20 e 42°C, respectivamente. Duas adubações em cobertura (11 e 22 DAP), foram realizadas.

O cyanazine foi aplicado nas doses 1,25; 2,50; 3,75 e 5,00 kg/ha, com as plantas no estágio de 5-6 folhas (19 DAP).

A avaliação de fitotoxicidade foi realizada aos 14 DAA, a altura de planta aos 10 DAA, a extração da clorofila foliar total aos 15 DAA, o volume de raiz e o peso da matéria seca da raiz aos 17 DAA.

### **3.3 Avaliação da tolerância das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao metolachlor, trifluralin, nicosulfuron e cyanazine, em condições de campo.**

O experimento foi conduzido no Centro Nacional de Pesquisa de Milho e Sorgo (CNPMS - EMBRAPA), Sete Lagoas-MG, no período de dezembro de 1993 a abril de 1994. O solo foi caracterizado como Latossolo Vermelho-Amarelo, àlico, epidistrófico, A moderado, cujas características físico-químicas são apresentadas na Tabela 2. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados, no esquema de parcelas subdivididas, com seis repetições, sendo que nas parcelas foram colocados os herbicidas (metolachlor, trifluralin, nicosulfuron e cyanazine) e os tratamentos-testemunhas (com e sem capina). Nas subparcelas foram semeadas as cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1.

Cada parcela experimental foi constituída por oito linhas de plantio com 15,0 m de comprimento, espaçadas de 0,90 m. Como bordadura da parcela foram consideradas as duas linhas laterais de plantio e de 1,0 m na extremidade posterior (em relação ao sentido das pulverizações dos herbicidas) das demais linhas de plantio. A área útil da parcela foi de 75,60 m<sup>2</sup>. A subparcela constitui-se de cada linha de plantio com as diferentes cultivares.

A semeadura foi realizada manualmente, colocando-se uma semente a cada 15 cm na linha de plantio. Aos 19 DAP, fez-se desbaste deixando no máximo 6 plantas por metro linear. Na adubação de plantio, usou-se 300 kg/ha de 4-30-16+ Zn e a adubação de cobertura com 150 kg/ha de sulfato de amônio, aos 45 DAP.

Os herbicidas foram aplicados utilizando-se um pulverizador tipo monociclo pressurizado a CO<sub>2</sub>, equipado com barra de oito bicos Teejet 110.04, pressão média de 3,4 kgf/cm<sup>2</sup> e vazão média de 350 l/ha. Os herbicidas metolachlor e trifluralin foram testados nas doses de 2,4 e 1,8 kg/ha, respectivamente. Foram aplicados na pré-emergência da cultura e do mato, com solo ligeiramente seco à superfície. Os herbicidas cyanazine e nicosulfuron foram testados nas doses de 2,50 e 0,06 kg/ha, respectivamente; sendo pulverizados em pós-emergência, com as plantas apresentando de 4-5 folhas (14 DAP). O solo apresentava-se ligeiramente seco à superfície, umidade relativa do ar média de 87% e vento em baixa velocidade.

Os parâmetros utilizados para avaliar a tolerância das cultivares aos herbicidas foram: sintomas visuais de injúrias, volume de raiz, pesos da matéria seca de raiz e de parte aérea, altura de planta, diâmetro de colmo, produtividade de espigas e de grãos.

A avaliação de fitotoxicidade através de sintomas visuais foi realizada 10 dias após a aplicação (DAA). As avaliações de volume de raiz, pesos da matéria seca de raiz e de parte aérea foram realizadas aos 20 e 35 dias após o plantio (DAP); sendo que a primeira avaliação foi realizada aos 19 DAA em PRE (metolachlor e trifluralin) e 6 DAA em POS (cyanazine e nicosulfuron), com as plantas apresentando de 4-6 folhas. A segunda avaliação foi realizada aos 34 DAA em PRE (metolachlor e trifluralin) e 21 DAA em POS (cyanazine e nicosulfuron), com as plantas apresentando de 7-9 folhas. As avaliações da altura de planta e diâmetro de colmo foram realizadas quando as cultivares apresentaram abertura média de pendão superior a 80%. As avaliações de produtividade de espigas e de grãos por ocasião da colheita, sendo que a umidade de grão foi padronizada em 13,5%. Foi realizado um levantamento das plantas daninhas que ocorreram na área experimental, através de duas amostragens (22 e 36 DAP), utilizando-se de um quadro de 1,0 x 0,5 m.

As análises estatísticas foram realizadas com os dados transformados, de acordo com os resultados dos testes de homogeneidade de variâncias e de normalidade. Para os parâmetros: fitotoxicidade  $\sqrt{x+100}$ , os dados foram transformados para Para os parâmetros: volume de raiz, pesos da matéria seca de parte aérea e de raiz e diâmetro de colmo a transformação foi de  $\sqrt{x}$ . Para a produtividade de grãos a transformação foi de  $\sqrt{x+1}$ .

## **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **4.1 Experimento preliminar conduzido em casa de vegetação.**

#### **4.1.1 Avaliação da tolerância de dezoito cultivares de milho pipoca ao metolachlor, cyanazine e nicosulfuron.**

Foi detectado a existência de variabilidade entre as dezoitos cultivares quanto à tolerância aos herbicidas metolachlor, cyanazine e nicosulfuron (Tabelas 3, 4 e 5). A partir dos resultados deste experimento, foram selecionadas as cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, para dar sequência aos trabalhos. Estas cultivares representam diferentes grupos genotípicos e se mostraram tolerantes aos herbicidas testados. A escolha destes materiais foi baseada no volume de raiz, pesos da matéria seca de raiz e de parte aérea (Tabelas 3, 4 e 5).

TABELA 3 - Valores médios do volume de raiz (cm<sup>3</sup>/planta) de dezoito cultivares de milho de pipoca, aos 41 dias após a aplicação (DAA) do metolachlor e aos 20 DAA do cyanazine e nicosulfuron, avaliadas em casa de vegetação. Lavras -MG, 1993.<sup>1/</sup>

Cultivares	Tratamentos (kg/ha)			
	Testemunha (0,00)	Metolachlor (2,40)	Cyanazine (2,50)	Nicosulfuron (0,06)
*CMS 42 CI	3,75 abA	3,00 abA	3,00 aA	4,00 abA
*Pirapoca B	2,80 bcA	2,09 bcAB	2,63 abcA	3,00 abcA
Rogobras 1	3,13 abcA	1,45 cAB	1,50 bcAB	1,38 cB
SAM	2,88 abcAB	3,39 aA	1,50 bcB	2,63 abcAB
*CMS 43 CII	2,41 abcAB	3,45 aA	1,75 bcB	2,25 abcAB
*Zelia 01	1,91 bcAB	1,72 bcAB	2,00 abcAB	3,38 abcA
MF 1002	1,50 cB	2,25 abcB	1,00 cB	2,38 abcB
*Rogobras 2	1,75 bcAB	1,69 bcAB	1,20 bcAB	2,75 abcA
BR 440	2,00 bcA	2,16 bcA	1,08 cAB	2,50 abcA
MF 1001	2,75 abcA	1,30 cB	2,50 abcA	2,13 bcA
Rogobras 3	2,63 abcA	2,12 bcA	2,25 abcA	2,88 abcA
CMS 43 CI	4,38 aA	2,15 bcB	2,63 abcB	3,25 abcAB
*Colorado 2	2,40 abcA	2,38 abcA	1,50 bcAB	1,60 cAB
H 16	2,13 bcAB	2,07 bcAB	1,50 bcB	3,00 abcA
GO 100P	3,75 abA	2,27 abcAB	2,75 abAB	2,75 abcAb
RS 20	3,00 abcA	2,13 bcAB	2,25 abcAB	2,63 abcA
Colorado1	2,50 abcA	1,55 bcAB	1,00 cB	2,25 abcA
UNB 2	1,88 bcAB	2,71 abcA	2,88 abA	2,50 abcA

1/ Médias seguidas das mesma letra na linha (maiúscula) ou na coluna (minúscula), não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

\* Genótipos escolhidos para continuidade dos trabalhos.

TABELA 4 - Valores médios do peso da matéria seca de raiz (g/planta) de dezoito cultivares milho pipoca, aos 41 dias após a aplicação (DAA) do metolachlor e aos 20 DAA do cyanazine e nicosulfuron, avaliadas em casa de vegetação. Lavras - MG, 1993.<sup>1/</sup>

Cultivares	Tratamentos (kg/ha)			
	Testemunha (0,00)	Metolachlor (2,40)	Cyanazine (2,50)	Nicosulfuron (0,06)
*CMS 42 CI	0,57 abA	0,44 abAB	0,54 aA	0,64 abA
*Pirapoca B	0,38 bA	0,35 abA	0,42 abA	0,53 abA
Rogobras 1	0,53 abA	0,26 bB	0,33 bAB	0,33 bAB
SAM	0,45 abAB	0,52 abA	0,32 bB	0,46 abAB
*CMS 43 CII	0,47 abAB	0,55 aA	0,35 bB	0,37 bB
*Zelia 01	0,36 bAB	0,30 abB	0,32 bAB	0,56 abA
MF 1002	0,34 bB	0,40 abB	0,28 bB	0,74 aA
*Rogobras.2	0,33 bAB	0,36 abAB	0,27 bB	0,52 abA
BR 440	0,36 bAB	0,39 abA	0,30 bB	0,47 abA
MF 1001	0,40 bA	0,21 bB	0,40 abA	0,39 bA
Rogobras 3	0,46 abA	0,38 abA	0,40 abA	0,49 abA
CMS 43 CI	0,76 aA	0,39 abB	0,41 abB	0,53 abAB
Colorado 2	0,41 bA	0,37 abAB	0,30 bB	0,32 bB
H 16	0,31 bB	0,30 abB	0,29 bB	0,53 abA
GO 100P	0,64 abA	0,43 abB	0,46 abB	0,48 abB
RS 20	0,50 abA	0,31 abB	0,39 abB	0,4 abA
*Colorado 1	0,43 bA	0,24 bB	0,27 bB	0,41 bA
UNB 2	0,33 bA	0,39 abA	0,45 abA	0,47 abA

1/ Médias seguidas da mesma letra, na linha (maiúscula) ou na coluna (minúscula), não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

\* Genótipos escolhidos para continuidade dos trabalhos.

TABELA 5 - Valores médios do peso da matéria seca de parte aérea (g/planta) de dezoito cultivares de milho de pipoca, aos 41 dias após a aplicação (DAA) do metolachlor e aos 20 DAA do cyanazine e nicosulfuron, avaliadas em casa de vegetação. Lavras -MG, 1993<sup>1/</sup>.

Cultivares	Tratamento (kg/ha)				Médias
	Testemunha (0,00)	Metolachlor (2,40)	Cyanazine (2,50)	Nicosulfuron (0,06)	
*CMS 42 CI	0,92	0,65	0,78	0,89	0,81 a
*Pirapoca B	0,86	0,63	0,75	0,68	0,73 ab
Rogobras 1	0,77	0,53	0,62	0,58	0,61 b
SAM	0,73	0,80	0,81	0,68	0,76 ab
*CMS 43 CII	1,07	0,84	0,81	0,65	0,84 a
*Zelia 01	0,76	0,55	0,77	0,88	0,74 ab
MF 1002	0,60	0,69	0,59	0,88	0,69 abc
*Rogobras 2	0,57	0,70	0,65	0,69	0,65 abc
BR 440	1,12	0,78	0,72	0,74	0,84 a
MF 1001	0,86	0,42	0,76	0,60	0,66 abc
Rogobras 3	0,70	0,60	0,75	0,58	0,66 abc
CMS 43 CI	0,97	0,67	0,71	0,71	0,76 ab
Colorado 2	0,66	0,53	0,65	0,83	0,67 abc
H 16	0,69	0,54	0,70	0,66	0,64 abc
GO 100 P	0,87	0,63	0,94	0,65	0,77 ab
RS 20	0,94	0,58	0,83	0,73	0,77 ab
*Colorado 1	0,80	0,61	0,72	0,72	0,71 ab
UNB 2	0,74	0,62	0,71	0,58	0,66 abc
Médias	0,81 A	0,63 C	0,74 AB	0,71 AB	

1/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

\* Genótipos escolhidos para continuidade dos trabalhos.

## 4.2 Experimentos conduzidos em casa de vegetação.

### 4.2.1 Avaliação da tolerância das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao trifluralin.

Foi observada interação entre cultivares e doses nas duas avaliações de fitotoxicidade, expressas através do número de plantas com sintomas visuais de injúrias (Tabela 6).

Na avaliação aos 12 dias após a aplicação (DAA), verificou-se que houve diferença entre as cultivares nas doses testadas. A cultivar Colorado 1 na menor dose de trifluralin (0,6 kg/ha) foi a que apresentou o maior índice de fitotoxicidade, isto é, 28% de plantas injuriadas. Na dose intermediária (1,2 kg/ha), a cultivar CMS 42 CI foi a mais tolerante com 4% de plantas injuriadas, seguida por Zelia 01 (13%), CMS 43 CII (22%), Rogobras 2 (39%), Colorado 1 (82%) e Pirapoca B (85%). As cultivares CMS 43 CII e CMS 42 CI foram mais tolerantes ao trifluralin, com 48 e 58% de plantas com injúrias, respectivamente, sendo que estes índices são correspondentes à média de fitotoxicidade ocorridas nas maiores dosagens (1,8 e 2,4 kg/ha). Nesta mesma linha de raciocínio, a cultivar Zelia 01 apresentou uma média de 75% de plantas afetadas para as doses referidas anteriormente, seguida pelas cultivares Colorado 1, Rogobras 2 e Pirapoca B com índices de 94, 98 e 100%, respectivamente.

Observando os dados da avaliação de fitotoxicidade aos 21 DAA, verificou-se que as diferenças entre as cultivares ocorreram a partir da dose intermediária (1,2 kg/ha) (Tabela 6). A ordem das cultivares, em relação a tolerância ao trifluralin, foi a mesma observada na primeira avaliação. As taxas de fitotoxicidade para a dose de 1,2 kg/ha foram: Colorado 1 e Pirapoca B: 48 e 47%, respectivamente; Rogobras 2: 34%; CMS 42 CI, Zelia 01 e CMS 43 CII: 6, 6 e 5%, respectivamente, para 1,8 kg/ha: (Pirapoca B, Rogobras 2, Colorado 1, Zelia 01 e CMS 42 CI: 66, 60, 58, 50 e 42%, respectivamente; CMS 43 CII: 26% ) e para 2,4 kg/ha: (Pirapoca B, Rogobras 2 e Colorado 1: 90, 75 e 67%, respectivamente; Zelia 01 e CMS 42 CI: 55 e 52, respectivamente; CMS 43 CII: 34%). Fazendo-se uma comparação entre doses de trifluralin para uma mesma cultivar, observa-se que as taxas de fitotoxicidade na menor dose (0,6kg/ha),

TABELA 6 - Valores médios de fitotoxicidade (% de plantas injuriadas) nas cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42-CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em função do trifluralin aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 12 e 21 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.<sup>1/</sup>

Cultivares	Doses de trifluralin (kg/ha)				
	0,0	0,6	1,2	1,8	2,4
12 DAA <sup>2/</sup>					
Zelia 01	0 aB	0 bB	13 bcB	75 abA	74 abcA
CMS 43 CII	0 aB	5 abB	22 bB	47 bA	49 cA
CMS 42 CI	0 aB	0 bB	4 cB	52 bA	64 bcA
Rogobras 2	0 aC	2 abC	39 bB	95 aA	100 aA
Pirapoca B	0 aB	4 abB	85 aA	100 aA	100 aA
Colorado 1	0 aC	28 aB	82 aA	90 aA	97 abA
21 DAA					
Zelia 01	0 aB	0 aB	6 bcB	50 abA	55 bcdA
CMS 43 CII	0 aC	0 aC	5 cBC	26 bAB	34 dA
CMS 42 CI	0 aB	0 aB	6 bcB	42 abA	52 cdA
Rogobras 2	0 aC	0 aC	34 abB	60 aAB	75 abA
Pirapoca B	0 aC	2 aC	47 aB	66 aAB	90 aA
Colorado 1	0 aC	21aBC	48 aAB	58 aA	67 abcA

1/ Médias seguidas da mesma letra, na linha (maiúsculas) ou na coluna (minúsculas), não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

2/ DAA = dias após a aplicação

foram semelhantes às da testemunha (0 kg/ha) para as cultivares Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1; na dose de 1,2 kg/ha para as cultivares CMS 42 CI, Zelia 01 e CMS 43 CII.

As diferenças entre os índices de fitotoxicidade observados neste experimento, provavelmente são decorrentes de fatores tais como doses crescentes do produto e diferenças genéticas, como foi sugerido em outros estudos por Barrentine e Warren (1971a); Roggenbuck e Penner (1987). A fitotoxicidade observada neste experimento, possivelmente foi maior do que a ocorrida em condições de campo, possivelmente devido ao fato de que as plantas de milho

cultivadas em vaso, têm um limitado volume de solo para explorar, impedindo que as raízes cresçam de forma a escapar do herbicida; isto é, o que caracterizaria a tolerância morfológica, mencionada por Roggenbuck e Penner, (1987). A profundidade de incorporação é um fator importante para a atividade do trifluralin; contudo este fator no presente estudo não se evidenciou, visto que o produto utilizado apresenta-se numa formulação que dispensa a incorporação. Segundo Harvey (1973), há alguns fatores que contribuem para o aumento da fitotoxicidade do trifluralin no milho. Em condições de solo úmido, o trifluralin é mais eficaz, devido ao fluxo de massa, que coloca o produto mais disponível para a semente absorvê-lo, contribuindo para uma possível fitotoxicidade do herbicida.

Na Figuras 1 e 2, são mostradas as diferenças de fitotoxicidade do trifluralin, entre as cultivares CMS 43 CII (tolerante) x Pirapoca B (sensível) e CMS 42 CI (tolerante) x Colorado 1 (sensível), avaliadas aos 12 e 21 DAA. Estes resultados confirmam as observações de Davis, Abernathy e Wiese (1978), Roggenbuck e Penner (1987), que observaram diferenças na fitotoxicidade entre híbridos e linhagens, avaliadas em iguais condições ambientais e nas mesmas dosagens, sugerindo que o fator variabilidade genética influencia decididamente quanto à resposta ao trifluralin. No presente trabalho foi possível verificar, que na segunda avaliação de fitotoxicidade (Figura 2), houve um pequena redução no índice de fitotoxicidade em relação a primeira avaliação (Figura 1); contudo a tendência de diferença de tolerância entre as cultivares foi mantida.

Na Tabela 7, são apresentadas os dados do volume de raiz, avaliado aos 22 dias após a avaliação do trifluralin. Observou-se que houve diferença entre as cultivares avaliadas, para os valores correspondentes à média das quatro doses testadas. Em relação à testemunha, a redução do volume de raiz foi maior nas cultivares Colorado 1, Pirapoca B, e Rogobras 2, com 63, 59 e 49%, respectivamente; enquanto que nas cultivares Zelia 01, CMS 43 CII e CMS 42-I, as reduções foram de 43, 40 e 37%, respectivamente. Uma redução significativa em relação à testemunha, para a média de cultivares foi verificada a partir da dose de 1,2 kg/ha de trifluralin (Tabela 7). Observou-se uma maior redução do volume de raiz à medida que se aumentou a dose de trifluralin (Figura 3).

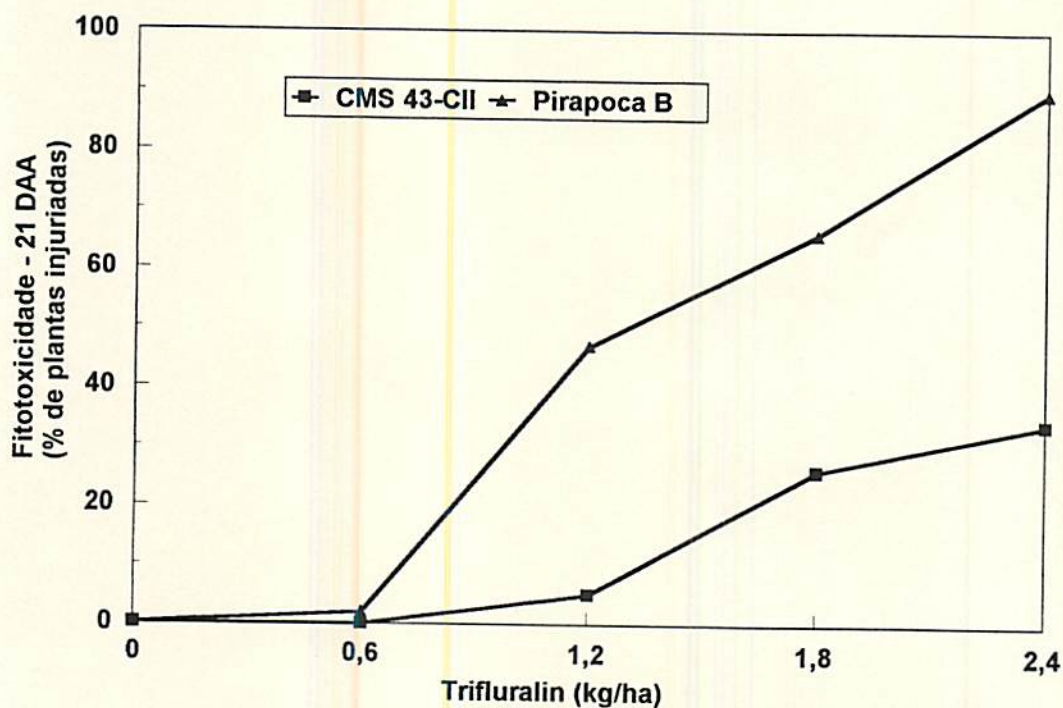
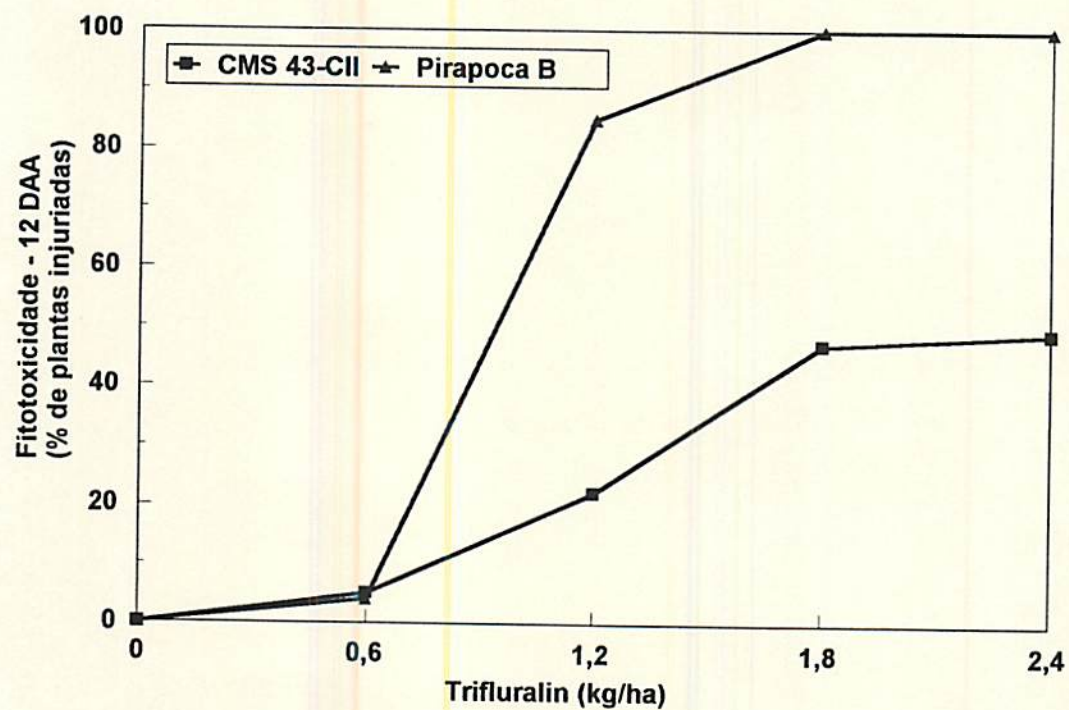


Figura 1- Efeito do trifluralin sobre a fitotoxicidade aos 12 (A) e 21 (B) dias após a aplicação (DAA), nas cultivares CMS 43-CII (tolerante) e Pirapoca B (sensível). Casa de Vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.

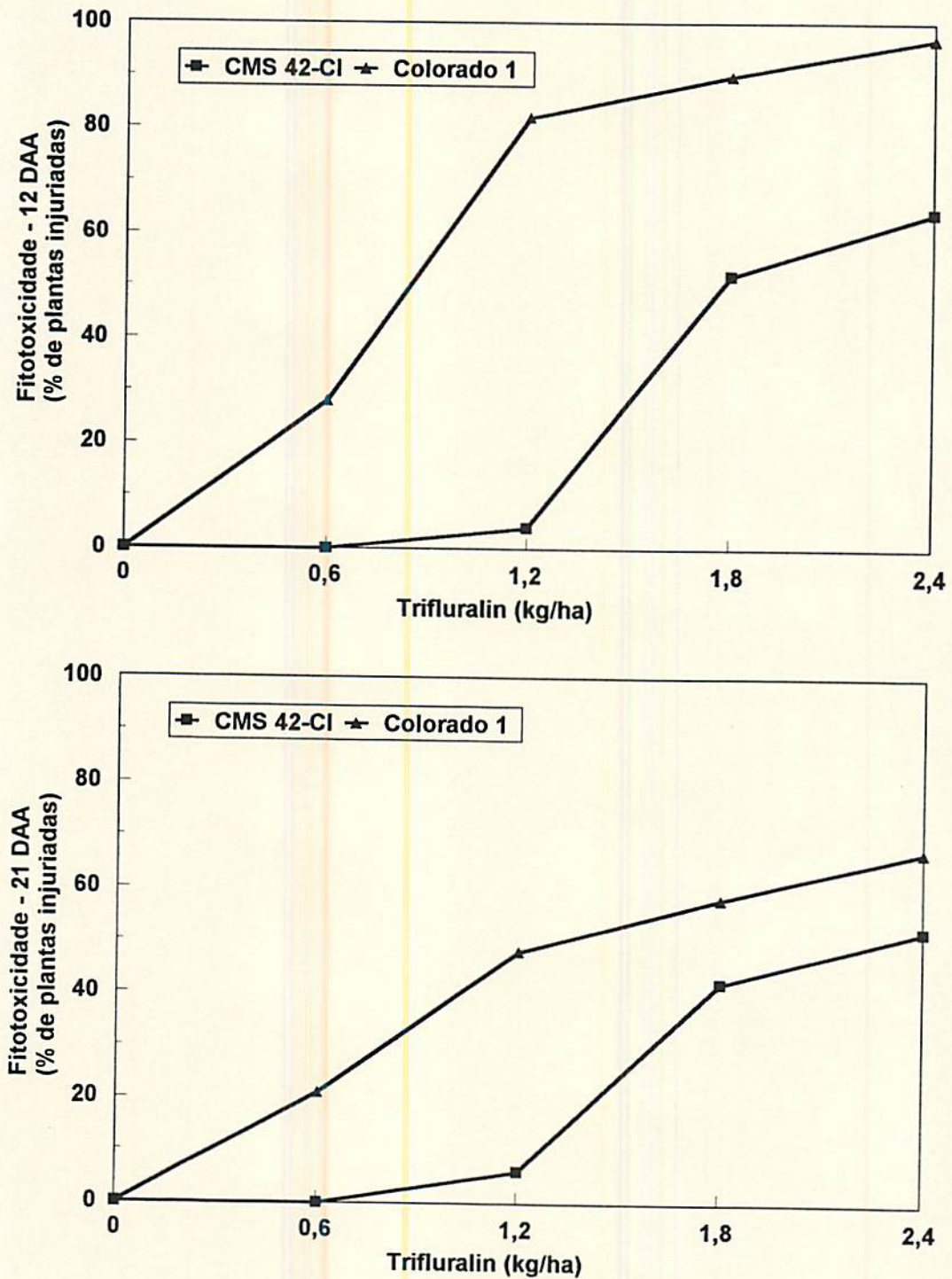


Figura 2 - Efeito do trifluralin sobre a fitotoxicidade aos 12 (A) e 21 (B) dias após a aplicação (DAA), nas cultivares CMS 42-CI (tolerante) e Colorado 1 (sensível). Casa de Vegetação, Sete Lagoas - MG, 1994.

TABELA 7 - Valores médios do volume de raiz (cm<sup>3</sup>/planta) das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em função do trifluralin aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 22 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.<sup>1/</sup>

Cultivares	Doses de trifluralin (kg/ha)					Médias
	0,0	0,6	1,2	1,8	2,4	
Zelia 01	13,71	12,92	9,68	5,07	3,74	9,02 b
CMS 43 CII	13,69	11,75	9,50	6,29	5,37	9,32 b
CMS 42 CI	16,25	14,74	12,67	7,76	5,87	11,46 a
Rogobras 2	10,22	10,12	7,60	2,07	0,90	6,18 c
Pirapoca B	12,23	11,16	5,30	2,83	0,88	6,48 c
Colorado 1	7,18	6,27	2,92	0,80	0,64	3,60 d
Médias	12,21 A	11,16 A	7,95 B	4,14 C	2,90 C	

1/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

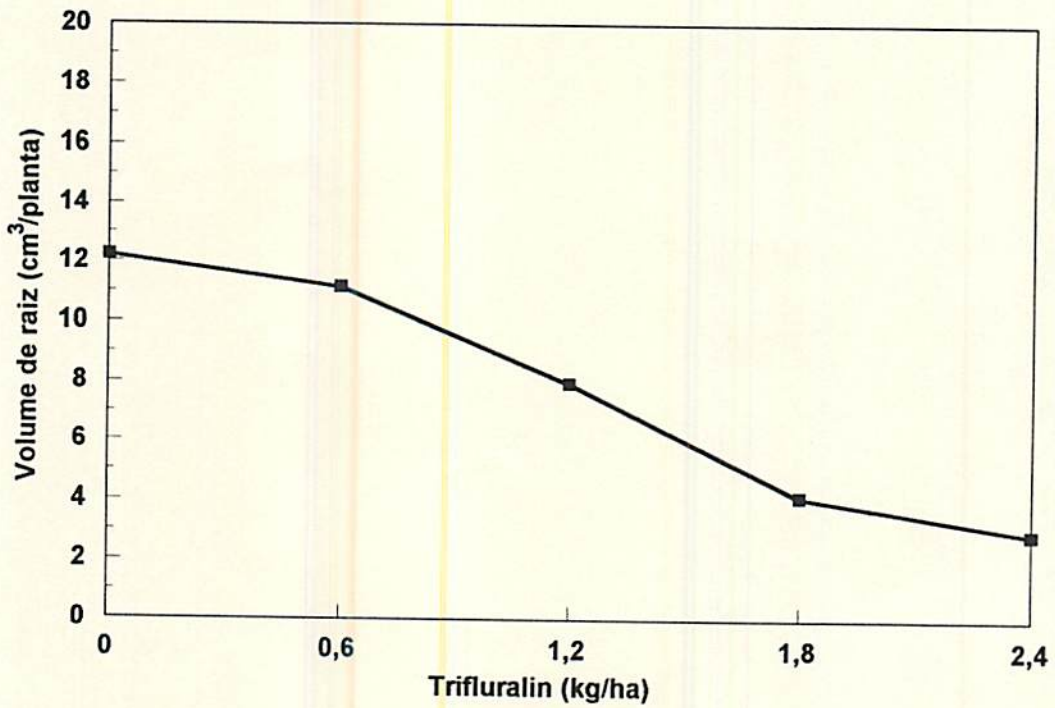


Figura 3 - Efeito do trifluralin sobre o volume de raiz aos 22 dias após a aplicação. Média de seis cultivares. Casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.

Para peso da matéria seca da raiz avaliado aos 22 dias da aplicação, verificou-se que as cultivares diferenciaram-se quanto aos valores referentes à média das doses testadas. As cultivares Pirapoca B, Rogobras 2 e Colorado 1 tiveram em relação à testemunha, reduções no peso da matéria seca da raiz de 57, 50 e 48%, respectivamente. As menores reduções foram observadas nas cultivares CMS 42 CI, CMS 43 CII e Zelia 01, apresentando valores de 25, 27 e 35%, respectivamente (Tabela 8). Quanto ao efeito das diferentes doses de trifluralin, houve redução do peso de matéria seca de raiz à medida que se aumentou a dose (Figura 4). O trifluralin tem ação sobre o crescimento de raízes, principalmente laterais e secundárias, podendo ser percebido em plântulas e plantas estabelecidas (WSSA, 1994). A interferência do trifluralin no processo mitótico, induz a uma redução no desenvolvimento das raízes, que concorre para uma menor absorção de água, acarretando prejuízos ao desenvolvimento da parte aérea.

TABELA 8 - Valores médios do peso da matéria seca de raiz (g/planta) das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42-CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em função do trifluralin aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 22 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.<sup>1/</sup>

Cultivares	Doses de trifluralin (kg/ha)					Médias
	0,0	0,6	1,2	1,8	2,4	
Zelia 01	1,08	1,01	0,86	0,60	0,33	0,78 a
CMS 43CII	1,06	1,00	0,78	0,65	0,63	0,82 a
CMS 42 CI	1,16	1,12	0,93	0,77	0,64	0,92 a
Rogobras 2	0,76	0,59	0,58	0,24	0,09	0,45 b
Pirapoca B	0,90	0,75	0,47	0,18	0,14	0,49 b
Colorado 1	0,58	0,50	0,39	0,23	0,09	0,35 b
Médias	0,92 A	0,83 A	0,67 AB	0,45 BC	0,32 C	

1/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

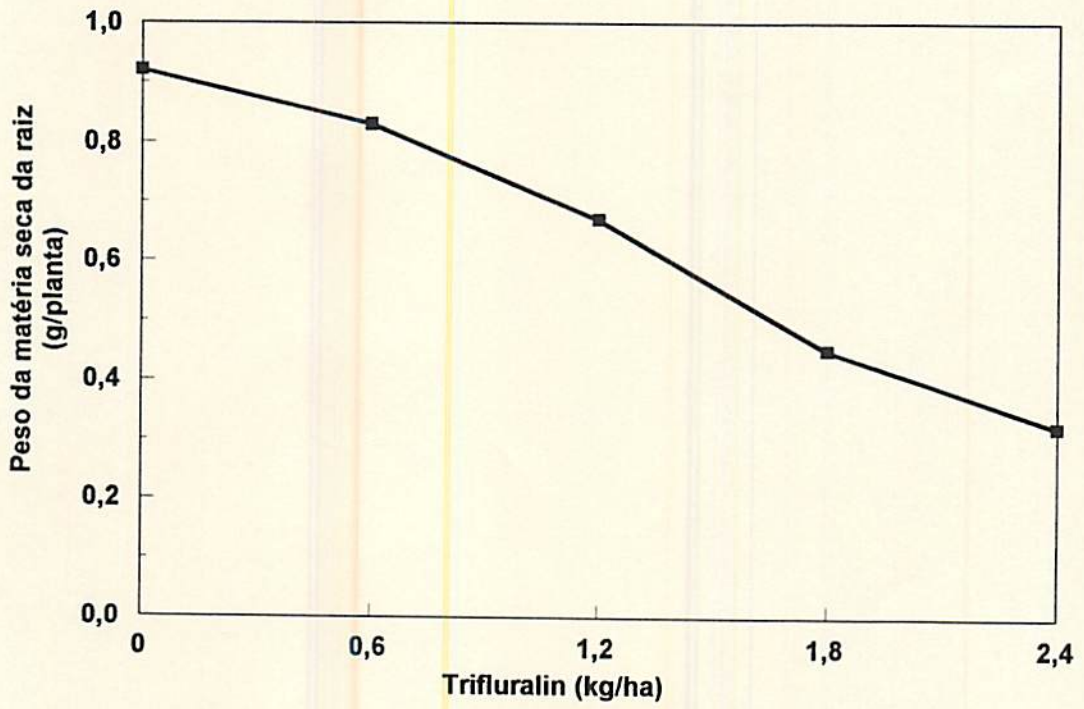


Figura 4 - Efeito do trifluralin sobre o peso da matéria seca da raiz aos 22 dias após a aplicação. Média de seis cultivares. Casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.

#### 4.2.2 Avaliação da tolerância das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao metolachlor.

Aos 10 dias da aplicação, foram observadas diferenças entre as cultivares quanto ao índice de fitotoxicidade (% de plantas injuriadas), referente à média das doses (Tabela 9). Em relação à testemunha, na cultivar Pirapoca B ocorreu 60% de plantas com sintomas de injúrias visuais, seguida pelas cultivares CMS 42 CI, Colorado 1, CMS 43 CII, Rogobras 2 e Zelia 01; com 44, 43, 42, 35 e 27%, respectivamente (Tabela 9). Quanto aos valores correspondentes à média das cultivares avaliadas, a fitotoxicidade em relação à testemunha foi significativa a partir da dose intermediária de metolachlor (1,8 kg/ha), sendo que nas doses 2,4 e 3,0 kg/ha, os índices de porcentagem de plantas com injúrias foram estatisticamente iguais. Os resultados de fitotoxicidade deste ensaio, mostraram haver diferenças entre as cultivares avaliadas. Segundo diversos autores, diferença genética entre cultivares é um importante fator para a tolerância diferencial ao metolachlor (Niccum, 1985; Rowe, Rossman e Penner, 1990; Sari-Gorla et al., 1993). Em um ensaio em casa de vegetação, Rowe e Penner (1990) mostraram a ocorrência de diferentes níveis de tolerância entre dez híbridos de milho. Os materiais foram avaliados quanto aos sintomas de injúrias visuais aos dez dias após o tratamento com metolachlor, que fora aplicado nas doses de 2,2; 3,4 e 4,5 kg/ha. Em um outro estudo; Rowe, Rossman e Penner (1990), determinaram a ocorrência de um alto grau de variabilidade nos sintomas de injúrias visuais para 29 linhagens e 200 híbridos de milho, utilizando 4,5 kg/ha de metolachlor, sendo que as injúrias variaram de 16 a 82% entre os genótipos testados. No presente estudo, em todas as cultivares avaliadas, a fitotoxicidade foi maior à medida que a dose do produto foi aumentada (Figura 5).

Aos 20 dias da aplicação, houve uma tendência na diminuição da fitotoxicidade pelo metolachlor, sendo mais evidentes nas cultivares mais tolerantes. Tal fato mostrou uma recuperação das plantas, isto é, os sintomas de fitotoxicidade descritos anteriormente diminuíram gradativamente com o surgimento de novas folhas. Essa recuperação das plantas, ocorrida em um momento em que as plantas ainda eram jovens, indica que possivelmente, o efeito do produto sobre parâmetros de produtividade (número e peso de espigas, peso de grãos) poderia ser pequeno, se as plantas continuassem se recuperando. As cultivares mais sensíveis na maior dose (3,0 kg/ha) foram Pirapoca B e Colorado 1, com 83 e 75% de plantas injuriadas, respectivamente.

As mais tolerantes foram Zelia 01 e CMS 43 CII, com 37 e 41% de plantas injuriadas; respectivamente.

TABELA 9 - Valores médios de fitotoxicidade (% de planta injuriadas) das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42-CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em função do metolachlor aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 10 e 20 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.<sup>1/</sup>

Cultivares	Doses de metolachlor (kg/ha)					Médias
	0,0	1,2	1,8	2,4	3,0	
10 DAA <sup>2/</sup>						
Zelia 01	0	2	26	31	49	21 b
CMS 43 CII	0	16	29	52	72	33 ab
CMS 42 CI	0	11	33	64	69	35 ab
Rogobras 2	0	8	9	56	67	27 b
Pirapoca B	0	13	52	87	89	46 a
Colorado 1	0	15	22	57	79	34 ab
Médias	0 C	11 C	29 B	58 A	71 A	
20 DAA						
Zelia 01	0 aC	0 aC	14 aBC	25 AB	37 cA	
CMS 43 CII	0 aC	11 aBC	10 aBC	24 cAB	41 bcA	
CMS 42 CI	0 aB	7 aB	21 aB	52 bA	55 abcA	
Rogobras 2	0 aB	10 aB	10 aB	57 abA	61 abcA	
Pirapoca B	0 aC	15 aBC	33 aB	72 aA	83 abA	
Colorado 1	0 aC	13 aBC	23 aB	63 abA	75 aA	

1/ Médias seguidas da mesma letra, na linha (maiúscula) ou na coluna (minúscula), não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

2/ DAA = dias após a aplicação

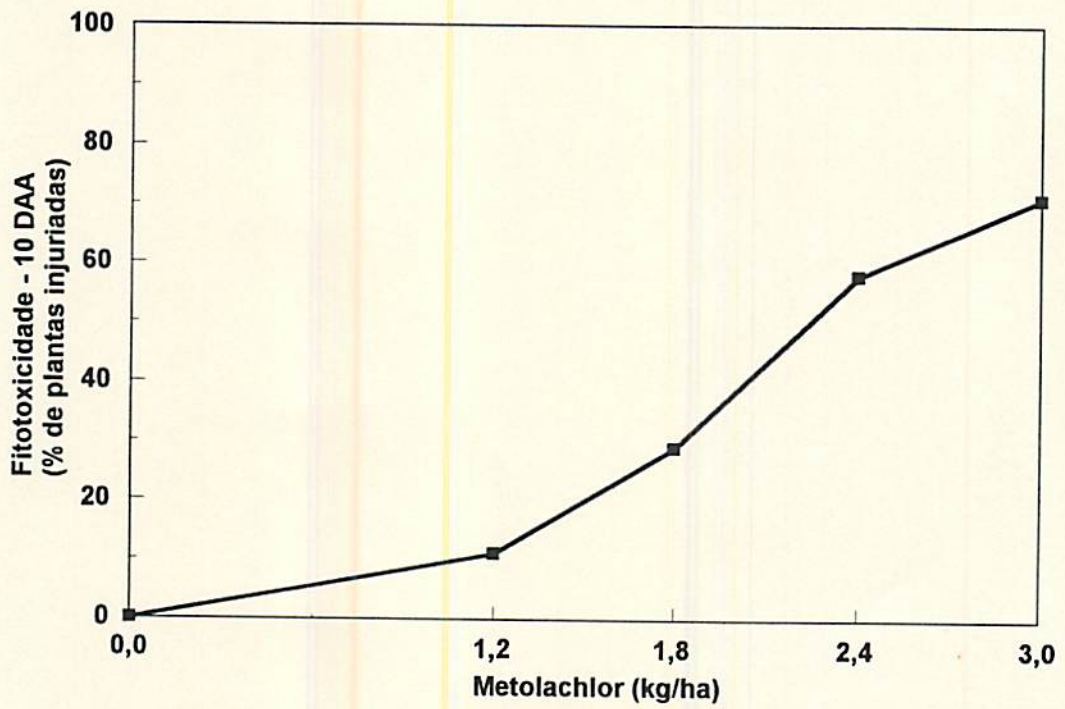


Figura 5 - Efeito do metolachlor sobre a fitotoxicidade aos 10 dias após a aplicação (DAA). Média de seis cultivares. Casa de vegetação. Sete Lagoas-MG, 1994.

Não houve diferenças estatisticamente significativas entre as cultivares avaliadas nas menores doses (1,2 e 1,8 kg/ha) (Tabela 9). Houve efeito de doses do metolachlor na fitotoxicidade às cultivares, com uma tendência no aumento do número de plantas injuriadas à medida que se elevou a dose (Figura 6).

No presente estudo, verificou-se que na segunda avaliação de fitotoxicidade, houve uma tendência de maior recuperação nos materiais que foram mais tolerantes por ocasião da primeira avaliação (Tabela 9). Resultado semelhante foi observado por Cottingham e Hatzios (1992), que estudaram dois híbridos com tolerância diferencial ao metolachlor aplicado a 6,7 kg/ha. Estes autores observaram que na primeira avaliação (8 dias após o tratamento-DAT), ocorreram injúrias visuais e redução da altura de plantas nos dois genótipos. Por ocasião da avaliação aos 16 DAT, o híbrido tolerante não evidenciou os sintomas de injúrias e a redução na altura das plantas foi muito menor que no híbrido sensível. Em outro estudo, Cottingham e Hatzios (1991) observaram que a maior tolerância ao metolachlor em alguns genótipos de milho, provavelmente é devida a absorção mais lenta do produto e a maior atividade da glutathiona (GSH), responsável pelo processo de metabolismo do metolachlor por meio da conjugação.

Na Figura 7 é mostrada a fitotoxicidade acarretada pelo metolachlor nas cultivares CMS 43 CII (tolerante) e Pirapoca B (sensível). Houve uma tendência de aumento da diferença na fitotoxicidade entre as cultivares, à medida que se elevou a dose até próximo à maior dose (3,0 kg/ha), quando então a diferença começou a diminuir. Resultado semelhante foi encontrado por Rowe e Penner (1990), que avaliaram dez híbridos tratados com metolachlor a 2,2; 3,4 e 4,5 kg/ha. Quando os autores experimentaram a dose de 6,7 kg/ha, as diferenças entre os híbridos deixaram de ocorrer. Estes resultados mostraram que a diferença de tolerância ao metolachlor entre genótipos de milho é limitada pela dose utilizada.

Quanto ao peso da matéria seca da parte aérea, avaliada aos 21 dias após a aplicação, houve diferença entre as cultivares para a média das doses de metolachlor testadas neste estudo. As cultivares Zelia 01 e CMS 43 CII foram as que tiveram a parte aérea menos afetada, com reduções de 12 e 15% em relação à testemunha, respectivamente; seguidas pela Rogobras 2, CMS 42 CI e Colorado 1, que tiveram reduções de 18, 19 e 19%, respectivamente. A cultivar Pirapoca B apresentou redução de 35% (Tabela 10). Observou-se que o peso da matéria seca da parte aérea diminuiu à medida que se aumentou as doses do metolachlor (Figura 8). Danos à parte

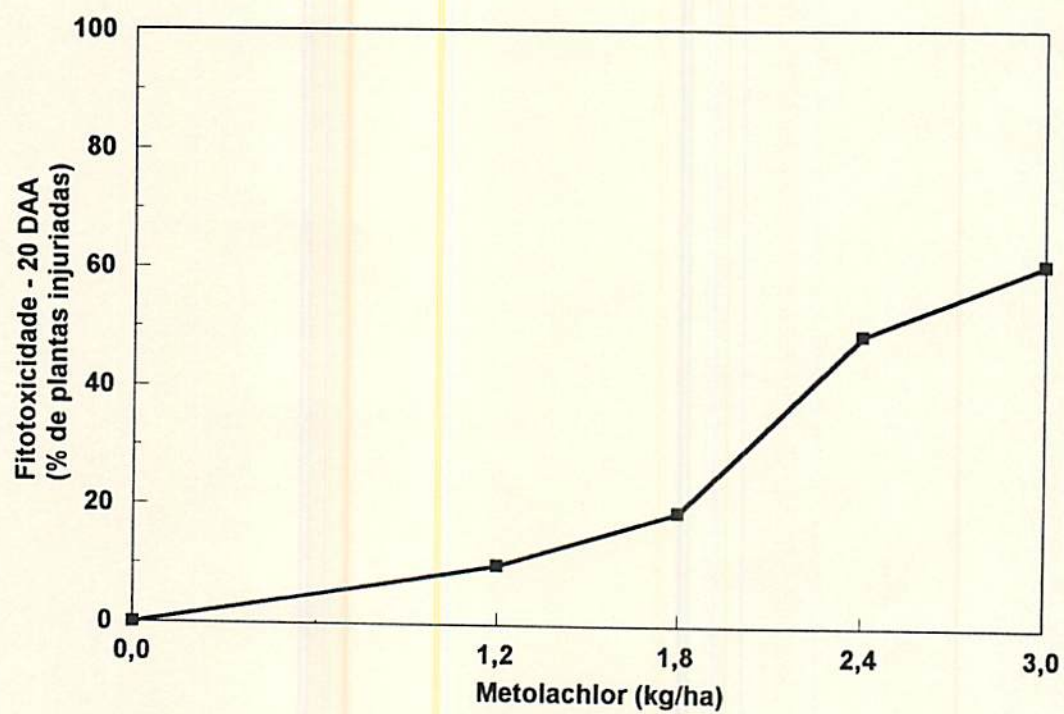


Figura 6 - Efeito do metalochlor sobre a fitotoxicidade aos 20 dias após a aplicação (DAA). Média de seis cultivares. Casa de Vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.

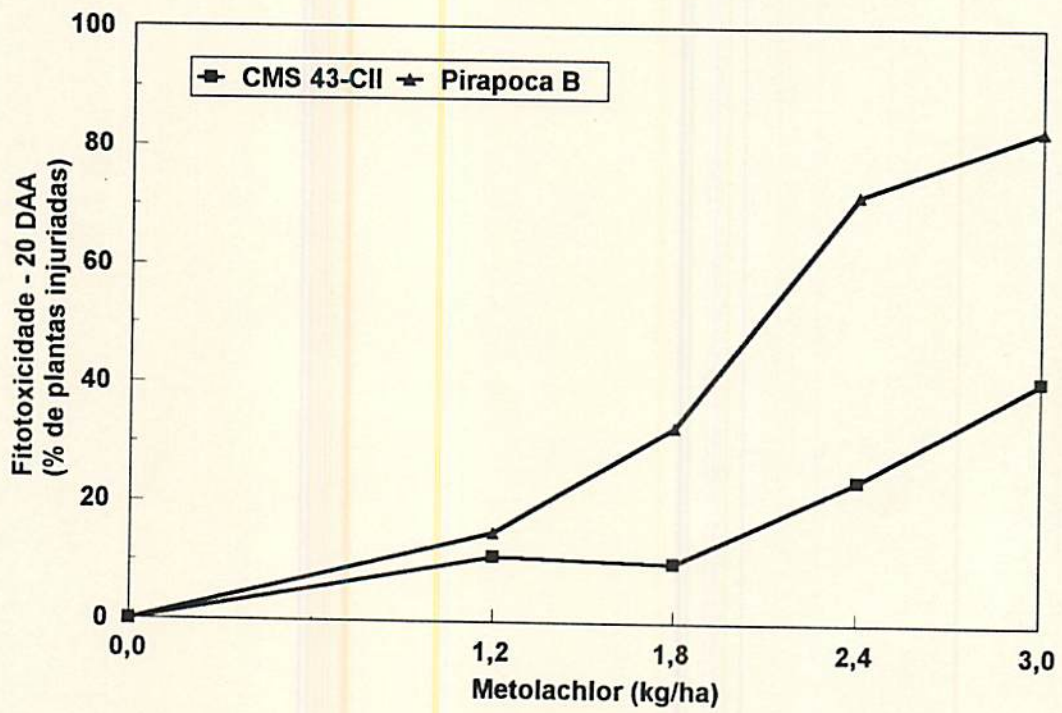


Figura 7 - Efeito do metolachlor sobre a fitotoxicidade aos 20 dias após a aplicação (DAA), nas cultivares CMS 43-CII (tolerante) e Pirapoca B (Sensível). Casa de Vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.

aérea do milho, por efeito da aplicação de metolachlor, foi também observado por Signori e Deuber (1980).

TABELA 10 - Valores médios do peso de matéria seca da parte aérea (g/planta) das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42-CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em função do metolachlor aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 21 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.<sup>1/</sup>

Cultivares	Doses de metolachlor (kg/ha)					Médias
	0,0	1,2	1,8	2,4	3,0	
Zelia 01	0,51	0,50	0,48	0,47	0,36	0,46 a
CMS 43 CII	0,39	0,39	0,34	0,29	0,28	0,34 b
CMS 42 CI	0,52	0,45	0,44	0,42	0,35	0,43 a
Rogobras 2	0,34	0,39	0,29	0,25	0,20	0,29 bc
Pirapoca B	0,34	0,30	0,23	0,17	0,16	0,24 cd
Colorado 1	0,26	0,25	0,23	0,17	0,17	0,22 d
Médias	0,39 A	0,38 AB	0,33 BC	0,28 CD	0,27 D	

1/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

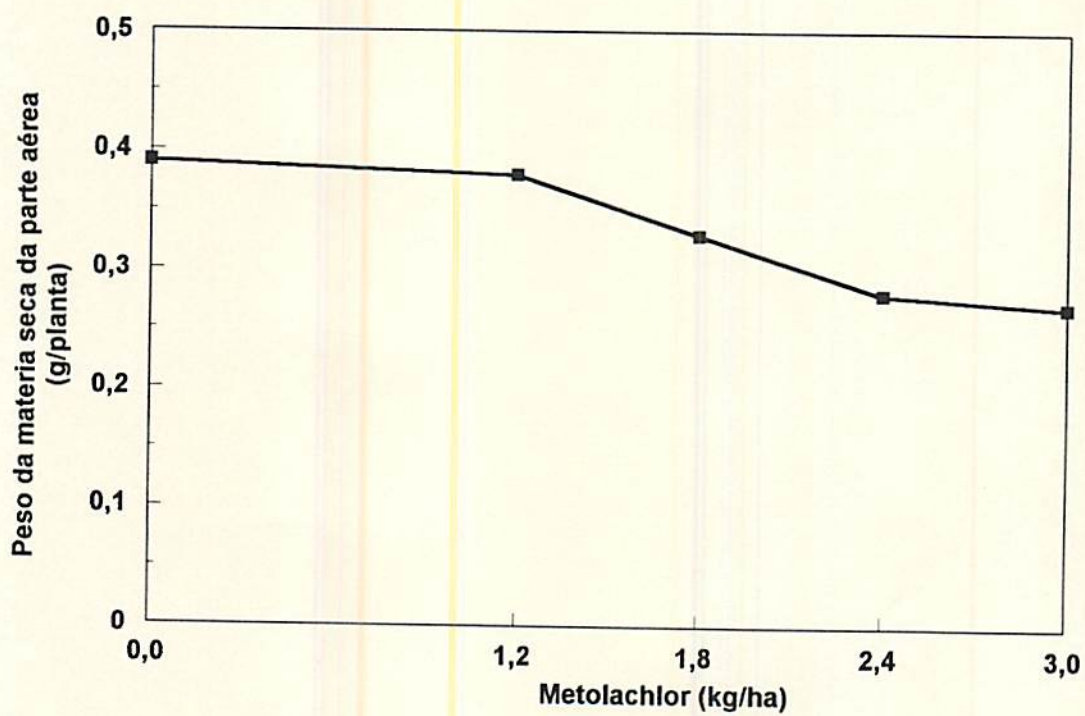


Figura 8 - Efeito do metolachlor sobre o peso da matéria seca da parte aérea aos 21 dias após a aplicação. Média de seis cultivares. Casa de Vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.

#### 4.2.3 Avaliação da tolerância das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras

##### 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao nicosulfuron.

O nicosulfuron ocasionou fitotoxicidade (% de plantas injuriadas) aos 14 dias após a aplicação (DAA) em todas as cultivares, a partir da dose de 0,06 kg/ha. No que refere à média entre as doses testadas, não foi observada diferença estatisticamente significativa entre as cultivares. O máximo de fitotoxicidade ocorreu quando da aplicação da dose mais alta (0,12 kg/ha), para todas as cultivares; sendo de 45% na cultivar Pirapoca B, 39% na CMS 43 CII, 36% nas cultivares Rogobras 2 e Zelia 01, 35% na cultivar Colorado 1 e 22% na cultivar CMS 42 CI (Tabela 11). Os níveis de danos às plantas, quando tratadas com o nicosulfuron a 0,03 e 0,06 kg/ha, não foram estatisticamente diferentes da testemunha (Tabela 11). A fitotoxicidade foi maior à medida que se aumentou a dose do nicosulfuron (Figura 9).

Green e Ulrich (1993), em um ensaio de casa de vegetação, detectaram altas taxas de injúrias visuais (55, 58 e 66%), em três híbridos de milho doce mais sensíveis ao nicosulfuron, entre sete híbridos avaliados, à dose de 70 g/ha. A taxa média de fitotoxicidade (injúria visual) avaliada aos 15 dias após o tratamento, para os quatro materiais tolerantes foi de 24%. Burton et al., (1994), observaram que em dois híbridos de milho doce tratados com nicosulfuron, 13,3% de metabólitos tóxicos do produto foi encontrado no híbrido tolerante, após oito horas do tratamento; enquanto que 63,5% foi encontrado no híbrido sensível. Segundo os autores, diferenças de tolerância a herbicidas sulfuniluréias tem sido observado no milho e em outras culturas. Segundo alguns autores, as diferenças na taxa do metabolismo a estes herbicidas é provavelmente, o fator que determina a diferença de tolerância entre cultivares (Eberlein et al., 1989; Holt, Powles e Holtum, 1993; Sweetser, Schow e Hutchison, 1982).

Os dados de volume de raiz, avaliado aos 15 dias após a aplicação (Tabela 12), mostraram que as cultivares se diferenciaram quanto aos valores correspondentes à média entre as doses de nicosulfuron. A cultivar Rogobras 2 teve em relação a sua testemunha, redução de 5% no volume de raiz; enquanto que CMS 42 CI e Zelia 01 apresentaram redução de 10%, seguidas pelas cultivares CMS 43 CII, Pirapoca B e Colorado 1 com 17, 22 e 22%, respectivamente (Tabela 12). Na avaliação da média entre as cultivares, houve um aumento na redução do volume de raiz à

TABELA 11 - Valores médios de fitotoxicidade (% plantas injuriadas) nas cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42-CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em função do nicosulfuron aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 14 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.

Cultivares**	Doses de nicosulfuron* (kg/ha)					Médias
	0,00	0,03	0,06	0,09	0,12	
Zelia 01	0	2	4	7	36	10
CMS 43 CII	0	0	9	22	39	14
CMS 42 CI	0	0	10	17	22	10
Rogobras 2	0	0	9	11	36	11
Pirapoca B	0	1	11	34	45	19
Colorado 1	0	0	3	32	35	13
Médias	0 C	1 C	8 C	21 B	36 A	

\* Médias seguidas da mesma letra, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

\*\* Teste F não significativo a 0,05.

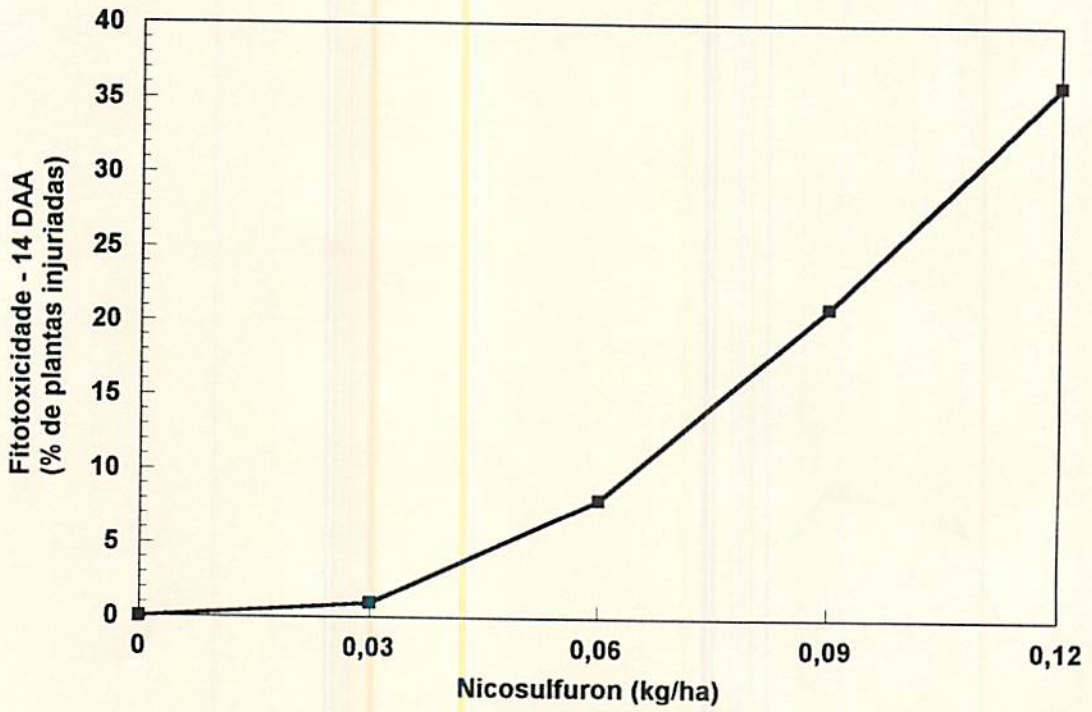


Figura 9 - Efeito do nicosulfuron sobre a fitotoxicidade aos 14 dias após a aplicação (DAA). Média de seis cultivares. Casa de Vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.

medida que se elevou a dose do nicosulfuron, sendo que uma redução significativa foi observada somente quando se empregou a dose de 0,12 hg/ha (Tabela 12).

TABELA 12 - Valores médios do volume de raiz ( $\text{cm}^3$ / plantas) das cultivares Zelia 01, CMS 43-CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em função do nicosulfuron aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 15 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.<sup>1/</sup>

Cultivares	Doses de nicosulfuron (kg/ha)					Médias
	0,00	0,03	0,06	0,09	0,12	
Zelia 01	14,44	14,73	13,53	11,45	13,08	13,12 a
CMS 43 CII	12,42	12,72	10,39	8,99	9,35	10,72 b
CMS 42 CI	16,02	14,88	14,08	14,03	14,60	14,71 a
Rogobras 2	8,28	8,31	7,99	6,66	8,65	7,68 c
Pirapoca B	9,24	7,41	7,18	7,59	6,73	7,59 c
Colorado 1	8,25	7,83	6,35	5,37	6,18	6,69 c
Médias	11,07 A	10,19 AB	9,92 AB	9,02 AB	9,77 AB	

1/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Houve diferença significativa entre as cultivares avaliadas, com relação a média entre as doses testadas de nicosulfuron. Com relação à testemunha, as cultivares CMS 43 CII, Rogobras 2, Zelia 01 e CMS 42 CI, reduziram o peso da matéria seca da raiz, em 14, 15, 16 e 18%, respectivamente; enquanto que para as cultivares Pirapoca B e Colorado 1, as reduções foram de 35 e 40%, respectivamente (Tabela 13). O nicosulfuron, aplicado a diferentes doses, reduziu o peso da matéria seca da raiz à medida em que se aumentou a dose (Figura 10); contudo a redução não foi significativa nas doses 0,03 e 0,06 kg/ha, para a média das cultivares (Tabela 13).

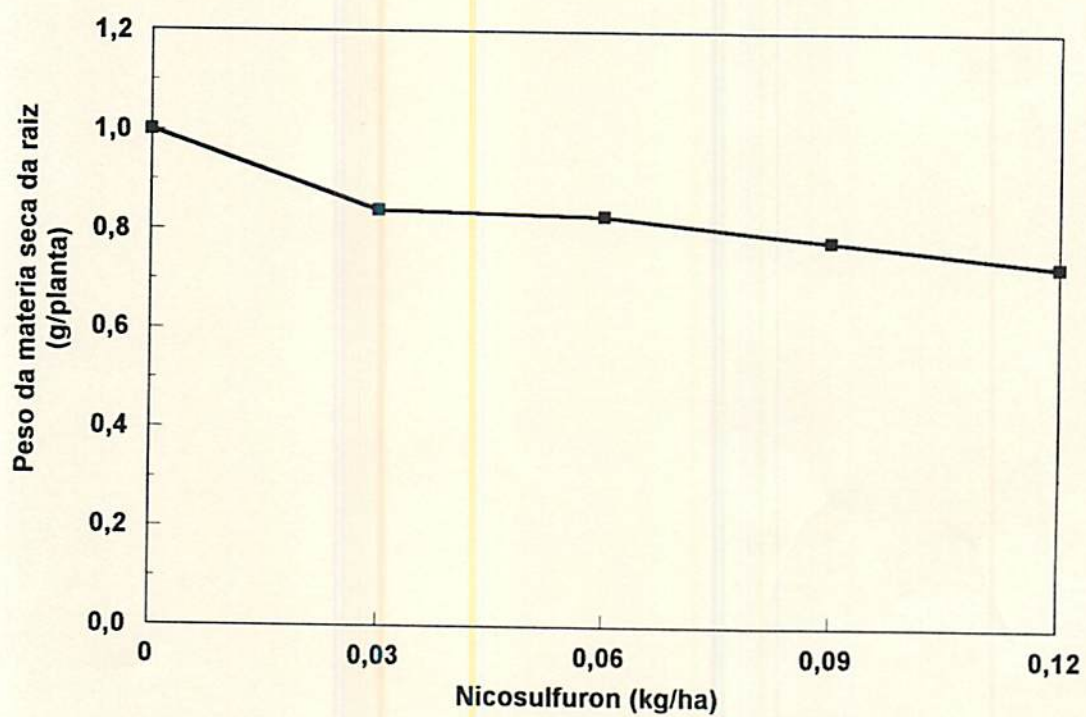


Figura 10 - Efeito do nicosulfuron sobre o peso da matéria seca da raiz aos 15 dias após a aplicação. Média de seis cultivares. Casa de Vegetação. Sete Lagoas-MG, 1994.

TABELA 13 - Valores médios do peso da matéria seca de raiz (g/planta) das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em função do nicosulfuron aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 15 dias após aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.<sup>1/</sup>

Cultivares	Doses de nicosulfuron (kg/ha)					Médias
	0,00	0,03	0,06	0,09	0,12	
Zelia 01	1,40	1,35	1,34	1,15	0,87	1,21 a
CMS 43 CII	0,98	0,88	1,04	0,77	0,67	0,86 b
CMS 42 CI	1,48	1,07	1,21	1,19	1,36	0,59 a
Rogobras 2	0,67	0,59	0,58	0,51	0,59	0,60 c
Pirapoca B	0,89	0,58	0,54	0,61	0,59	0,64 bc
Colorado 1	0,87	0,59	0,47	0,52	0,49	0,58 c
Médias	1,00 A	0,84 AB	0,83 AB	0,73 B	0,78 B	

1/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Quanto ao peso de matéria seca da parte aérea, avaliado aos 15 dias após a aplicação, observou-se diferença entre as cultivares para a média entre as diferentes doses de nicosulfuron. A cultivar CMS 42 CI apresentou redução do peso da matéria seca da parte aérea de 1% em relação à testemunha; enquanto que as cultivares CMS 43 CII, Colorado 1, Zelia 01 e Pirapoca B apresentaram reduções de 7, 12, 14 e 23%, respectivamente (Tabela 14). À medida que se aumentou a dose de nicosulfuron, houve um decréscimo do peso da matéria seca da parte aérea das cultivares (Figura 11). Não houve reduções significativas em relação à testemunha nas doses 03; 0,06 e 0,09 kg/ha, quando se avaliou os dados referentes à média entre cultivares (Tabela 14). Simpson, Diehl e Stoller (1994), não observaram redução significativa do peso seco da parte aérea, em dois híbridos de milho tratados com nicosulfuron a 0,035 kg/ha.

TABELA 14 -Valores médios do peso da matéria seca de parte aérea (g/planta) das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em função do nicosulfuron aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 15 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994<sup>1/</sup>.

Cultivares	Doses de nicosulfuron (kg/ha)					Médias
	0,00	0,03	0,06	0,09	0,12	
Zelia 01	1,58	1,49	1,36	1,43	1,17	1,40 a
CMS 43 CII	1,21	1,08	1,25	1,19	0,95	1,13 ab
CMS 42 CI	1,36	1,24	1,39	1,38	1,36	1,35 a
Rogobras 2	0,80	0,79	0,86	0,97	0,70	0,82 c
Pirapoca B	1,21	1,22	0,91	0,80	0,79	0,99 bc
Colorado 1	0,99	0,98	0,95	0,73	0,80	0,89 bc
Médias	1,19 A	1,13 AB	1,12 AB	1,08 AB	0,96AB	

1/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

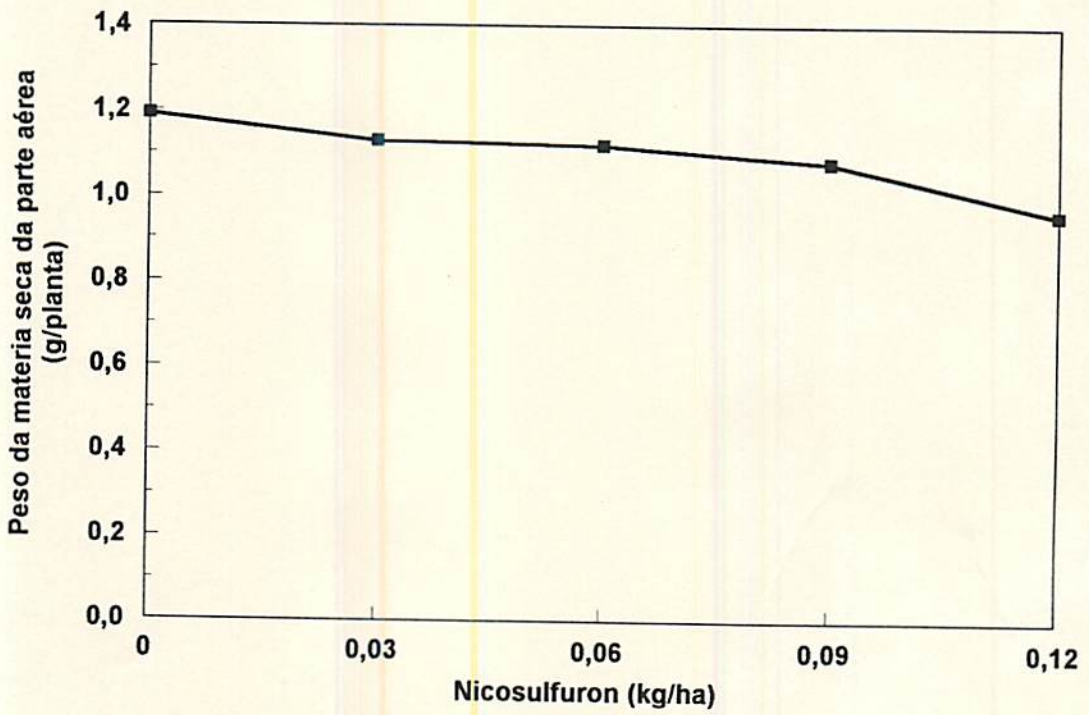


Figura 11 - Efeito do nicosulfuron sobre o peso da matéria seca da parte aérea aos 15 dias após a aplicação. Média de seis cultivares. Casa de Vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.

Quanto à altura de plantas avaliada aos 14 dias após a aplicação do nicosulfuron, as cultivares estudadas se diferenciaram quando se avaliou a média das diferentes doses de nicosulfuron (Tabela 15). Em relação à testemunha, houve redução na altura de planta de 4% na cultivar CMS 42 CI, enquanto que as cultivares Zelia 01, Colorado 1, Pirapoca B, CMS 43 CII e Rogobras 2 apresentaram reduções de 7, 8, 9, 11 e 12%, respectivamente (Tabela 15). Observou-se uma redução na altura das plantas, à medida que se aumentou a dose de nicosulfuron (Figura 12). Quando o nicosulfuron foi aplicado às taxas de 0,03 e 0,06 kg/ha, não ocorreu redução significativa na altura das cultivares (Tabela 15).

TABELA 15 - Valores médios da altura de planta (cm) das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em função do nicosulfuron aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 14 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.<sup>1/</sup>

Cultivares	Doses de nicosulfuron (kg/ha)					Médias
	0,00	0,03	0,06	0,09	0,12	
Zelia 01	25,25	25,50	24,25	23,00	21,50	23,90 a
CMS 43 CII	24,75	21,49	22,52	22,50	21,50	22,55 ab
CMS 42 CI	24,85	23,75	24,50	23,75	23,25	24,20 a
Rogobras 2	22,50	21,00	21,75	20,75	17,50	20,90 bc
Pirapoca B	23,50	22,50	19,75	22,25	21,25	21,85 abc
Colorado 1	21,25	20,75	21,00	18,50	18,25	19,95 c
Médias	23,68 A	22,50 AB	22,13 AB	21,80 B	20,54 B	

1/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, 5% de probabilidade.

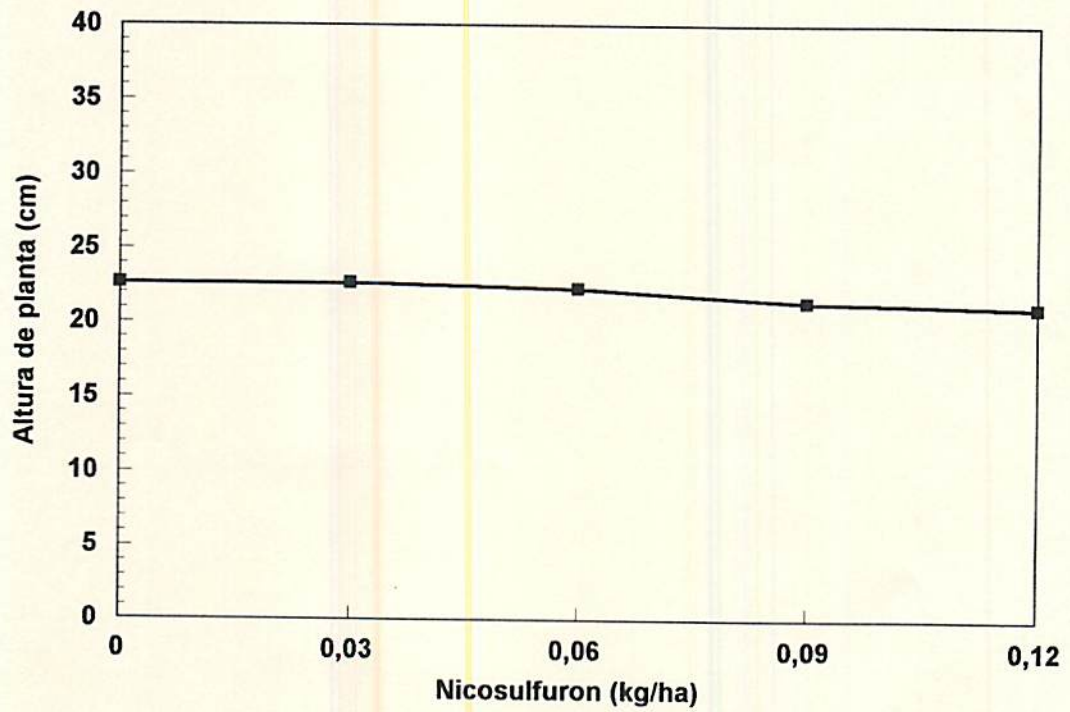


Figura 12 - Efeito do nicosulfuron sobre a altura de planta aos 14 dias após a aplicação. Média de seis cultivares. Casa de Vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.

#### 4.2.4 Avaliação da tolerância das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao cyanazine.

A avaliação de fitotoxicidade (% de plantas injuriadas), realizada aos 14 dias após a aplicação (DAA) do cyanazine, mostrou que foi significativo o fator dose quanto à média de cultivares. O cyanazine, aplicado a 1,25 e 2,50 kg/ha, não injuriou significativamente as cultivares. Os índices de fitotoxicidade observados nas doses 3,75 e 5,00 kg/ha foram significativos e diferenciaram entre si (Tabela 16). Segundo Holt, Powles e Holtum (1993), para que os inibidores fotossintéticos possam provocar injúrias às plantas de maneira significativa, faz-se necessário uma certa concentração do produto no sítio de ação, isto é, subdoses normalmente não provocam ação herbicida. Kern, Meggitti e Penner (1975), observaram que o cyanazine aplicado em pós-emergência, na dose de 3,4 kg/ha, injuriou significativamente as plantas de milho cultivadas em casa de vegetação. Estes autores verificaram que, quando o cyanazine foi aplicado a 2,50 kg/ha, o nível de injúria não foi significativo. No presente estudo, observou-se que a fitotoxicidade provocada pelo cyanazine aumentou à medida que a dose foi aumentada (Figura 13).

Quanto ao volume de raiz, avaliado aos 17 dias após a aplicação do cyanazine, verificou-se diferença entre as cultivares quanto à média das doses utilizadas (Tabela 17). Em relação à testemunha, a redução do volume de raiz foi de 36% na cultivar Colorado 1, enquanto que nas cultivares CMS 43 CII, Pirapoca B, Rogobras 2, CMS 42 CI e Zelia 1 as reduções foram de 25, 23, 23, 22 e 14%, respectivamente. Todas as doses de cyanazine empregadas neste ensaio reduziram significativamente o volume de raiz, quando da avaliação da média entre cultivares. As reduções do volume de raiz foram semelhantes nas doses 1,25 e 2,50 kg/ha (Tabela 17). Através da (Figura 14), observa-se que a redução do volume de raiz foi maior à medida que se aumentou a dose de cyanazine.

Os resultados do peso da matéria seca da raiz, avaliado aos 17 dias após a aplicação, mostraram que as cultivares se diferenciaram quanto à média das doses de cyanazine empregadas neste estudo (Tabela 18). Houve uma redução do peso da matéria seca da raiz, na ordem de 43% em relação à testemunha, para a cultivar Colorado 1. As cultivares CMS 42 CI, CMS 43 CII, Pirapoca B, Rogobras 2 e Zelia 01, tiveram reduções de 30, 30, 26, 19 e 17%; respectivamente.

TABELA 16 - Valores médios de fitotoxicidade (% plantas injuriadas) nas cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em função do cyanazine aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 14 dias após a aplicação, em casa de vegetação . Sete Lagoas - MG, 1994.

Cultivares <sup>1/</sup>	Doses de cyanazine (kg/ha) <sup>2/</sup>				
	0,00	1,25	2,50	3,75	5,00
Zelia 01	0	2	5	13	21
CMS 43 CII	0	0	3	17	28
CMS 42 CI	0	1	4	10	25
Rogobras 2	0	3	4	14	33
Pirapoca B	0	5	5	28	31
Colorado 1	0	7	9	26	36
Médias	0 c	3 c	5 c	18 b	29 a

1/ Não significativo pelo teste F a 0,05.

2/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

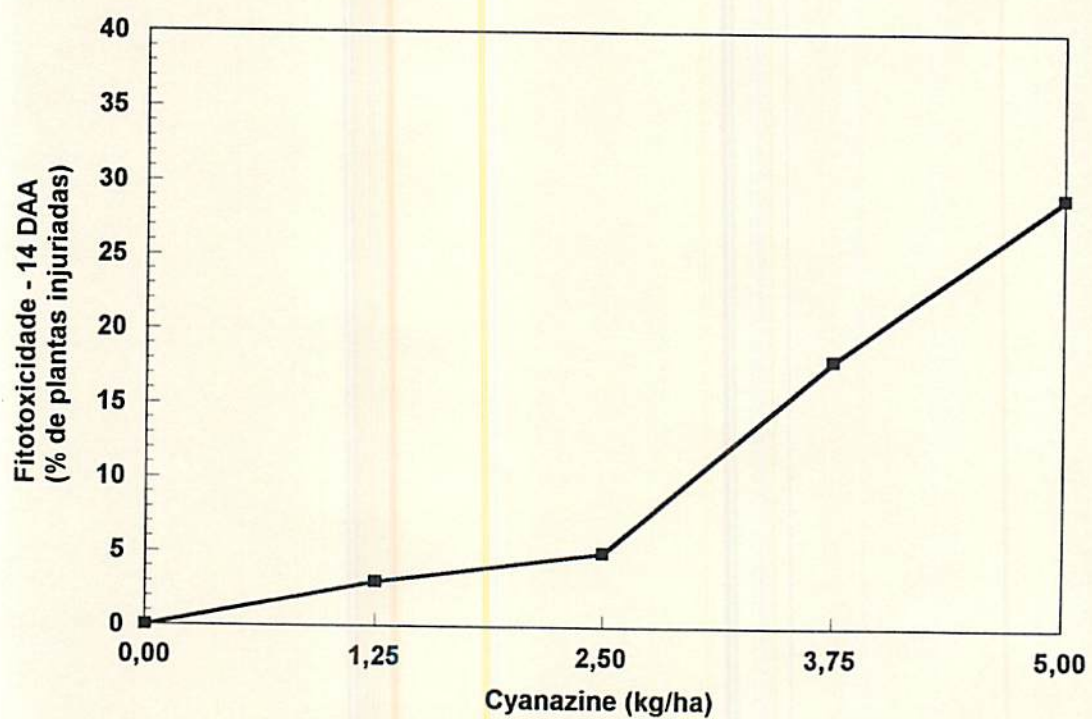


Figura 13 - Efeito do cyanazine sobre a fitotoxicidade aos 14 dias após a aplicação (DAA). Média de seis cultivares. Casa de Vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.

TABELA 17 - Valores médios do volume (cm<sup>3</sup>/planta) das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em função do cyanazine aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 17 dias após a aplicação, em casa de vegetação . Sete Lagoas - MG, 1994.<sup>1/</sup>

Cultivares	Doses de cyanazine (kg/ha)					Médias
	0,00	1,25	2,50	3,75	5,00	
Zelia 01	19,18	18,49	18,20	16,37	13,34	17,12 a
CMS 43 CII	17,08	13,68	13,93	14,63	9,10	13,68 ab
CMS 42 CI	20,62	19,57	18,24	12,84	13,84	17,02 a
Rogobras 2	11,97	9,44	8,62	9,80	8,95	9,74 c
Pirapoca B	11,66	8,36	11,22	7,15	9,17	9,51 c
Colorado 1	15,67	12,05	11,01	9,69	7,33	1,15 bc
Médias	16,03 A	13,60 B	13,54 B	11,75 BC	10,29 C	

1/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem significamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Em relação à testemunha, todas as doses reduziram o peso da matéria seca da raiz quando relacionado com a média de cultivares entre as cultivares, contudo as reduções foram semelhantes entre as quatro doses testadas (Tabela 18). As reduções foram maiores à medida que houve acréscimo na dose do produto (Figura 15).

Os dados de altura de planta, avaliada aos 10 dias após a aplicação, mostraram que foi significativo o efeito da média entre doses, indicando diferenças entre as cultivares (Tabela 19). As reduções da altura de planta, em relação à testemunha, foram de 15, 14, 13, 13, 10 e 8%; respectivamente, para as cultivares Pirapoca B, CMS 43 CII, Colorado 1, Rogobras 2, CMS 42 CI e Zelia 01. As aplicações de cyanazine a 3,75 e 5,00 kg/ha, reduziram significativamente a altura de planta, quando da avaliação da média entre cultivares. Em relação à testemunha, não foram significativas as reduções na altura de planta, quando o cyanazine foi aplicado nas doses de 1,25 e 2,50 kg/ha (Tabela 19).

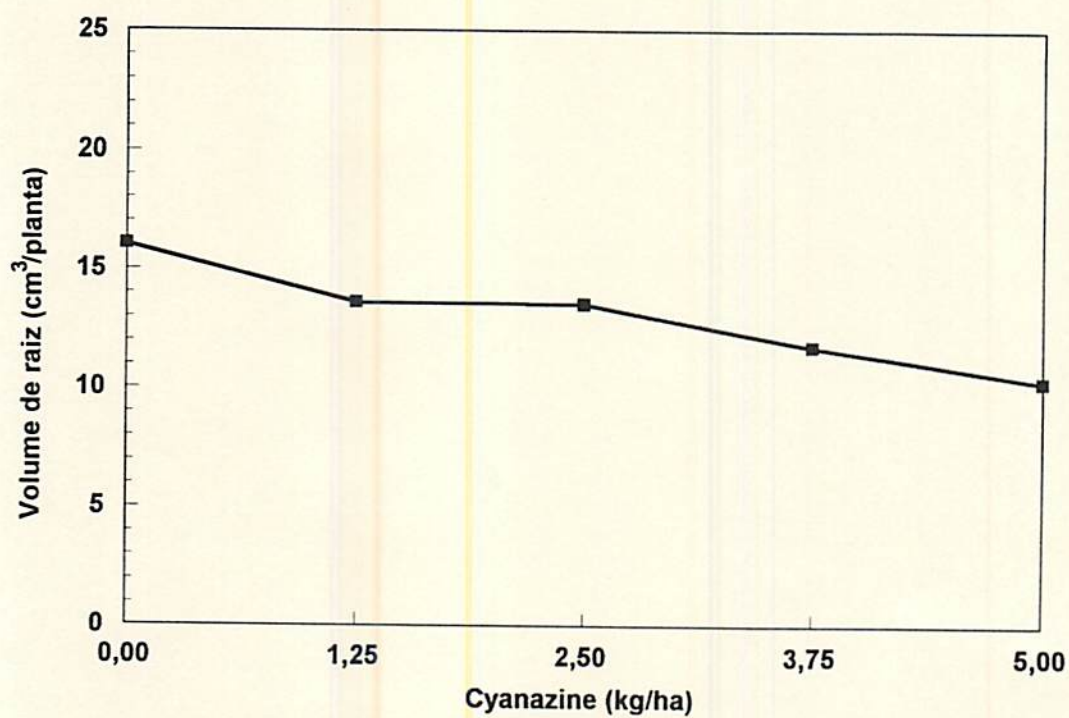


Figura 14 - Efeito do cyanazine sobre o volume de raiz aos 17 dias após a aplicação. Média de seis cultivares. Casa de Vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.

TABELA 18 -Valores médios do peso da matéria seca de raiz (g/planta) das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em função do cyanazine aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 17 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.<sup>1/</sup>

Cultivares	Doses de cyanazine (kg/ha)					Médias
	0,00	1,25	2,50	3,75	5,00	
Zelia 01	1,92	1,78	1,69	1,65	1,22	1,75 a
CMS 43 CII	1,66	1,21	1,25	1,31	0,87	1,26 bc
CMS 42 CI	1,93	1,69	1,71	0,94	1,12	1,46 ab
Rogobras 2	0,98	0,78	0,75	0,83	0,79	0,83 d
Pirapoca B	0,94	0,69	0,84	0,57	0,71	0,75 d
Colorado 1	1,43	0,91	0,91	0,75	0,66	0,93 cd
Médias	1,48 A	1,17 B	1,19 B	1,01 B	0,90 B	

1/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem significamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

As reduções do volume de raiz, peso da matéria seca da raiz e da altura de planta em consequência da aplicação do cyanazine, apresentaram resultados consequentes do efeito das doses crescentes testadas. A inibição da fotossíntese pelo cyanazine acarreta danos direto (parte aérea) e indireto (sistema radicular). Consequentemente, há formação de fotoassimilados em menor quantidade e velocidade, concorrendo para que haja uma menor disponibilidade para a formação da parte aérea e das raízes; resultando em menor crescimento e uma diminuição no acúmulo de matéria seca pelo sistema radicular. Jensen et al., (1977), investigaram o efeito do cyanazine (1,5 kg/ha) aplicado em plantas de milho (4-6 folhas). Eles observaram que houve uma redução de 30% no crescimento das plantas, avaliado através do peso da matéria seca da planta. Signori e Deuber (1980), testaram o cyanazine em pré-emergência na cultura do milho. Estes autores, observaram que não houve redução do comprimento da raiz e dos pesos da matéria seca da parte aérea e da raiz, quando o cyanazine foi aplicado a 2,25 kg/ha.

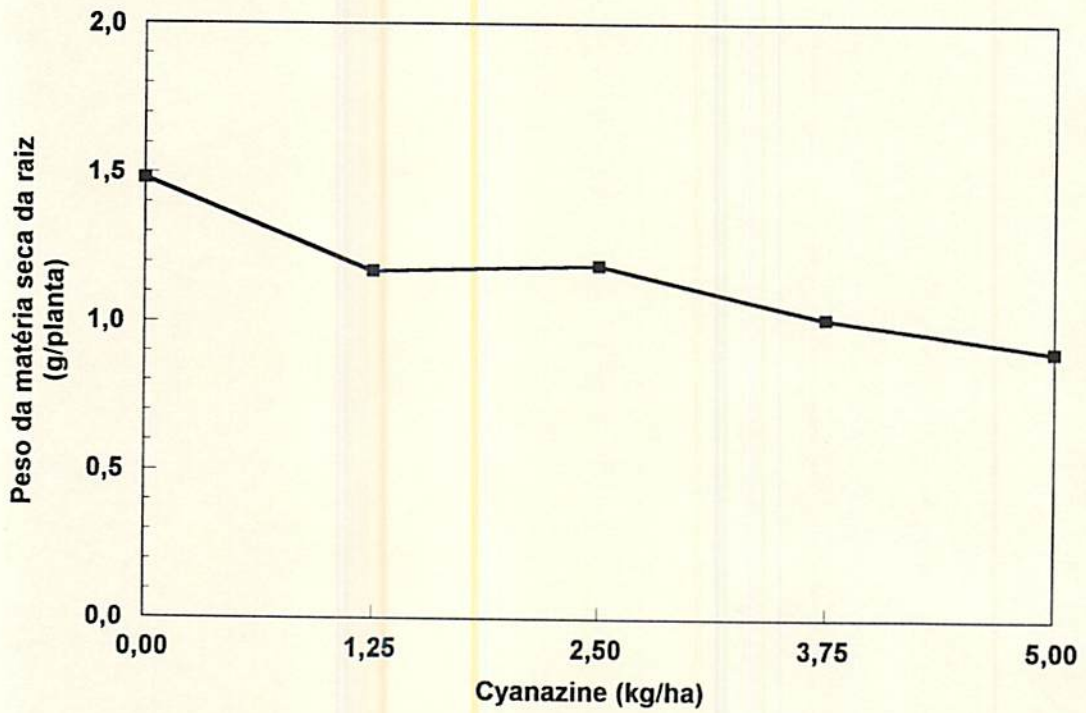


Figura 15 - Efeito do cyanazine sobre o peso da matéria seca da raiz aos 17 dias após a aplicação. Média de seis cultivares. Casa de vegetação. Sete Lagoas-MG, 1994.

TABELA 19 - Valores médios da altura de planta (cm) das cultivares Zelia 01, CMS 43- CII, CMS 42-CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em função do cyanazine aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 10 dias após a aplicação, em de vegetação . Sete Lagoas - MG, 1994.<sup>1/</sup>

Cultivares	Doses de cyanazine (kg/ha)					Médias
	0,00	1,25	2,50	3,75	5,00	
Zelia 01	37,55	34,59	34,99	34,54	33,68	35,07 a
CMS 43 CII	36,53	33,09	31,41	30,42	31,04	32,57 ab
CMS 42 CI	38,10	35,01	35,40	33,32	33,60	35,09 a
Rogobras 2	34,72	32,25	29,66	31,72	27,35	31,14 b
Pirapoca B	37,59	33,83	33,58	29,85	30,38	33,05 ab
Colorado 1	34,79	32,41	31,57	27,66	29,76	31,24 b
Médias	36,55 A	33,53 AB	32,77 AB	31,25 B	30,97 B	

1/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Neste estudo, verificou-se que o efeito fitotóxico do cyanazine refletiu-se no teor de clorofila foliar total, avaliado aos 15 dias da aplicação. Ocorreu uma redução significativa na quantidade de clorofila, a partir da dose de 2,50 kg/ha de cyanazine, para os valores correspondentes à média entre cultivares (Tabela 20). Na avaliação da média entre doses, houve diferenças entre as cultivares. Em relação à testemunha, a cultivar CM 43- CII apresentou uma redução de 10%, seguida pelas cultivares CMS 42 CI, Zelia 01, Colorado 1, Pirapoca B e Rogobras 2; com reduções de 13, 16, 17, 18 e 20%; respectivamente (Tabela 20). Os inibidores fotossintéticos podem matar as plantas por inanição, devido a inibição da reação luminosa da fotossíntese, que interrompe a formação de carboidratos (Hess, 1994c; Thompson, Slife e Butler, 1970). Outros processos supostamente interferem, visto que plantas susceptíveis tratadas com

TABELA 20 - Valores médios do teor de clorofila foliar total (mg/g) das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em função do cyanazine aplicado em diferentes doses, avaliadas aos 15 dias após a aplicação, em casa de vegetação. Sete Lagoas, 1994.<sup>1/</sup>

Cultivares	Doses de cyanazine (kg/ha)					Médias
	0,00	1,25	2,50	3,75	5,00	
Zelia 01	0,992	0,927	0,831	0,735	0,836	0,864 a
CMS 43 CII	0,909	0,967	0,884	0,755	0,664	0,836 a
CMS 42 CI	0,960	0,966	0,865	0,806	0,718	0,863 a
Rogobras 2	0,936	0,877	0,707	0,757	0,654	0,793 ab
Pirapoca B	0,983	0,813	0,894	0,743	0,776	0,842 a
Colorado 1	0,934	0,928	0,638	0,794	0,624	0,804 ab
Médias	0,952 A	0,913 A	0,819 B	0,765 B	0,712 BC	

1/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

estes herbicidas, morrem mais rapidamente quando pulverizadas e colocadas na presença da luz, do que quando colocadas no escuro (Hess, 1994c).

Stefanovic e Zaric (1991), observaram que o teor de clorofila foliar total foi reduzido em plantas de milho tratadas com atrazine, em comparação com as plantas não tratadas. Em relação à testemunha, as reduções foram de 42 e de 7% em duas linhagens avaliadas, assim como em 19 e 13% em dois híbridos também testados. Em outras duas linhagens estudadas, não se verificaram reduções no teor de clorofila. Para estes autores, as diferenças verificadas na redução de teor de clorofila foliar total foi dependente do genótipo. Segundo Gabrielsen, citado por Naves (1993); a concentração de clorofila somente influencia a taxa fotossintética se estiver abaixo da concentração ideal para que este processo se realize normalmente. Além do mais, nem sempre

existe uma relação positiva entre alta concentração de clorofila e alta taxa fotossintética, pois a etapa bioquímica da fotossíntese pode ser um fator limitante no processo de fixação do CO<sub>2</sub>.

#### **4.3 Avaliação da tolerância das cultivares Zélia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1 ao metolachlor, trifluralin, cyanazine e nicosulfuron, em condições de campo.**

Não foram observados quaisquer sintomas de fitotoxicidade (injúrias visuais) nas cultivares estudadas, por ocasião da avaliação realizada aos 10 dias após a aplicação.

Para volume de raiz, avaliado aos 20 e 35 dias após o plantio (DAP), ocorreram diferenças entre as cultivares, com relação aos valores correspondentes à média de todos os tratamentos (Tabela 21). Aos 20 DAP, relacionando a média dos tratamentos herbicidas com a da testemunha capinada, evidenciou-se reduções de 4, 9 e 9% no volume de raiz das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII e Rogobras 2; respectivamente. Para a CMS 42 CI a redução foi de 18%, enquanto que as cultivares Pirapoca B e Colorado 1 tiveram reduções de 46 e 60%, respectivamente. Na segunda avaliação (35 DAP), as cultivares Zelia 01, CMS 43 CII e Rogobras 2 apresentaram uma recuperação total, enquanto que a cultivar CMS 42 CI apresentou uma redução de apenas 2%. Houve uma recuperação parcial das cultivares Colorado 1 e Pirapoca B, com reduções de 23 e 33%, respectivamente (Tabela 21). Segundo diversos autores, diferenças genéticas entre híbridos e linhagens de milho desempenham uma função importante no grau de tolerância ao metolachlor (Niccum, 1985; Sari-Gorla et al., 1993; Rowe, Rossman e Penner, 1990), ao nicosulfuron (Burton et al., 1994; Eberlein et al., 1989; Holt, Powles e Holtum, 1993), ao trifluralin (Davis, Abernathy e Wiese, 1978; Roggenbuck e Penner, 1987) e ao cyanazine (Fuerst et al., 1986, Jensen et al., 1977). No presente estudo, não foi verificada diferença significativa entre os tratamentos quando se avaliou os dados referentes à média entre cultivares, por ocasião das duas avaliações do volume de raiz (20 e 35 DAP).

Observando os dados do peso da matéria seca da raiz, avaliados aos 20 e 35 dias após o plantio, nota-se que não houve significância, tanto para a média de tratamentos quanto a de cultivares (Tabela 22).

TABELA 21 - Valores médios do volume de raiz (cm<sup>3</sup>/planta) das cultivares Zélia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado1, em função dos tratamentos testemunha (com e sem capina), metolachlor, trifluralin, cyanazine e nicosulfuron. Sete Lagoas - MG, 1993.

Cultivares <sup>1/</sup>	Tratamentos <sup>2/</sup> (kg/ha)						Médias
	Testemunha c/ capina	Testemunha s/ capina	Metolachlor (2,4)	Trifluralin (1,8)	Cyanazine (2,5)	Nicosulfuron (0,06)	
20 DAP <sup>3/</sup>							
Zélia 01	1,626	1,898	1,322	1,877	1,054	1,983	1,627 a
CMS 43 CII	1,518	1,436	1,816	1,202	1,096	1,419	1,566 a
CMS 42 CI	1,662	1,364	1,602	1,337	1,478	1,001	1,141 ab
Rogobras 2	1,479	1,547	1,483	1,117	1,036	2,733	1,408 ab
Pirapoca B	1,852	0,984	0,718	1,531	0,701	1,050	1,139 b
Colorado1	2,003	1,420	0,779	0,591	0,679	1,179	1,108 b
Médias	1,690	1,442	1,287	1,276	1,007	1,561	
35 DAP							
Zelia 01	9,214	11,429	15,612	12,958	7,281	8,982	10,913a
CMS 43 CII	8,284	6,154	7,971	8,069	11,101	10,384	8,661ab
CMS 42 CI	9,338	8,806	9,200	9,456	8,778	9,295	9,145ab
Rogobras 2	8,540	8,414	10,696	8,730	5,206	14,622	9,367ab
Pirapoca B	10,164	5,874	9,828	5,701	5,811	5,732	8,664ab
Colorado1	7,031	3,836	6,823	4,181	4,694	5,869	5,406 b
Médias	8,762	7,412	10,022	8,183	7,145	9,149	

1/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

2/ Teste F não significativo a 0,05.

3/ DAP = dias após o plantio

TABELA 22 -Valores médios do peso da matéria seca de raiz (g/planta) das cultivares Zelia 01, CMS 43-CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em função dos tratamentos-testemunha (com e sem capina), metolachlor, trifluralin, cyanazine e nicosulfuron. Sete Lagoas - MG, 1993.<sup>1/</sup>

Cultivares	Tratamentos (kg/ha)					
	Testemunha c/ capina	Testemunha s/campina	Metolachlor (2,4)	Trifluralin (1,8)	Cyanazine (2,5)	Nicosulfuron (0,06)
20 DAP <sup>2/</sup>						
Zélia 01	0,018	0,011	0,017	0,010	0,013	0,015
CMS 43 CII	0,015	0,010	0,012	0,013	0,016	0,015
CMS 42 CI	0,013	0,016	0,014	0,018	0,009	0,012
Rogobras 2	0,010	0,022	0,010	0,008	0,009	0,011
Pirapoca B	0,009	0,013	0,016	0,023	0,012	0,009
Colorado1	0,013	0,012	0,013	0,011	0,009	0,007
Médias	0,013	0,014	0,014	0,014	0,011	0,012
35 DAP						
Zelia 01	0,117	0,125	0,139	0,115	0,231	0,139
CMS 43 CII	0,119	0,107	0,147	0,108	0,064	0,168
CMS 42 CI	0,110	0,115	0,152	0,194	0,119	0,127
Rogobras 2	0,142	0,100	0,114	0,147	0,148	0,120
Pirapoca B	0,170	0,128	0,173	0,121	0,146	0,119
Colorado1	0,104	0,119	0,153	0,132	0,149	0,116
Médias	0,127	0,116	0,146	0,136	0,143	0,132

1/ Teste F não significativo a 0,05.

2/ DAP = dias após o plantio

Quanto ao peso da matéria seca da parte aérea avaliado aos 20 (DAP), verificou-se que houve diferença significativa entre os tratamentos, quando se efetuou avaliação da média de cultivares. Em relação ao tratamento-testemunha com capina, o metolachlor reduziu o peso da matéria seca da parte aérea em 33%, seguidos pelo cyanazine e nicosulfuron com 11%. Para o tratamento com trifluralin não houve redução. Na segunda avaliação (35 DAP), não foi observada significância com relação à média de cultivares e nem para a de tratamentos (Tabela 23).

Para altura de planta e diâmetro de colmo, ocorreram diferenças entre as cultivares, com relação aos valores correspondentes à média dos tratamentos (Tabela 24). Os herbicidas não reduziram o diâmetro de colmo, quando da observação da média entre cultivares, em relação ao tratamento-testemunha com capina (Tabela 24). Resultados semelhantes foram observados por Silva e Leites (1993); Laca-Buendia e Leites (1993), que testaram o metolachlor (1,8 kg/ha) nas cultivares BR 201 e Cargill 805, respectivamente. Estes autores não verificaram reduções no diâmetro de colmo, em avaliações por ocasião da colheita. Quanto à média de tratamento, para a variável diâmetro de colmo, o cyanazine foi o herbicida que propiciou maior valor para diâmetro de colmo, em relação à testemunha com capina; contudo, estatisticamente, igualou-se aos demais tratamentos (Tabela 24).

Os resultados obtidos para produtividade de espigas e de grãos (Tabela 25), mostraram que para a média entre cultivares, houve uma redução nos tratamentos com trifluralin e metolachlor, quando comparados à testemunha com capina e aos tratamentos com cyanazine e nicosulfuron, embora não tenham sido diferentes estatisticamente. As reduções no número de espigas, verificadas nas parcelas que receberam trifluralin e metolachlor foram de 24 e 19%, respectivamente; em relação à testemunha com capina. Quanto à produtividade de grãos, a redução foi de 31%, em média, para os dois tratamentos (trifluralin e metolachlor), quando comparados à testemunha capinada.

Outros pesquisadores, que avaliaram os efeitos do metolachlor (Ruckheim, Venturella e Guadagnin, 1977) e do trifluralin (Silva e Leites, 1993; Laca-Buendia e Leites, 1993), nas mesmas dosagens utilizadas neste estudo não verificaram reduções no número de espigas e produção de grãos em cultivares de milho comum. No presente trabalho, pode-se evidenciar que as cultivares de milho pipoca em média, mostraram-se mais susceptíveis aos herbicidas metolachlor e trifluralin, quando comparados ao nicosulfuron e cyanazine. Esta tendência também foi observada, quando se

TABELA 23 - Valores médios do peso da matéria seca da parte aérea (g/planta) das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em função dos tratamentos testemunhas (com e sem capina), metolachlor, trifluralin, cyanazine e nicosulfuron. Sete Lagoas-MG, 1993.

Cultivares	Tratamentos (kg/ha)					
	Testemunha c/capina	Testemunha s/capina	Metolachlor (2,4)	Trifluralin (1,8)	Cyanazine (2,5)	Nicosulfuron (0,06)
20 DAP <sup>1/</sup>						
Zelia 01	0,12	0,08	0,06	0,0	0,09	0,09
CMS 43 CII	0,11	0,09	0,06	0,11	0,09	0,12
CMS 42 CI	0,09	0,12	0,06	0,11	0,07	0,08
Rogobras 2	0,08	0,14	0,05	0,08	0,09	0,08
Pirapoca B	0,09	0,09	0,06	0,14	0,10	0,05
Colorado1	0,09	0,07	0,06	0,07	0,08	0,06
Médias <sup>2/</sup>	0,09 ab	0,09 ab	0,06 b	0,10 a	0,08 ab	0,08 ab
35 DAP <sup>3/</sup>						
Zelia 01	0,84	0,68	0,65	0,74	1,04	0,85
CMS 43 CII	0,74	0,70	0,84	0,68	0,32	0,95
CMS 42 CI	0,76	0,64	0,80	0,95	0,73	0,73
Rogobras 2	0,76	0,78	0,55	0,08	0,09	0,84
Pirapoca B	1,00	0,84	0,66	0,73	0,83	0,92
Colorado1	0,68	0,74	0,60	0,80	0,68	0,64
Médias <sup>3/</sup>	0,80	0,70	0,68	0,77	0,69	0,82

1/ DAP = dias após o plantio

2/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

3/ Teste F não significativo à 0,05.

TABELA 24 - Valores médios da altura de planta e do diâmetro de colmo das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em função dos tratamentos testemunhas (com e sem capina), metolachlor, trifluralin, cyanazine e nicosulfuron. Sete Lagoas - MG, 1994.<sup>1/</sup>

Cultivares	Tratamentos (kg/ha)						Médias
	Testemunha	Testemunha	Metolachlor	Trifluralin	Cyanazine	Nicosulfuron	
	c/capina	s/capina	(2,4)	(1,8)	(2,5)	(0,06)	
Altura (cm)							
Zelia 01	156	145	150	161	139	159	152 bd
CMS 43 CII	164	161	168	166	162	163	164 a
CMS 42 CI	144	116	112	120	121	113	116 d
Rogobras 2	145	134	149	136	148	157	145 b
Pirapoca B	131	121	125	140	125	131	129 c
Colorado1	124	119	116	129	118	129	123 cd
Diâmetro de colmo (cm)							
Zelia 01	1,68	1,52	1,65	1,68	1,70	1,72	1,66 b
CMS 43 CII	1,85	1,73	1,85	1,75	1,90	1,73	1,80a
CMS 42 CI	1,47	1,43	1,43	1,42	1,58	1,48	1,47 de
Rogobras 2	1,60	1,45	1,65	1,63	1,72	1,70	1,63 bc
Pirapoca B	1,52	1,30	1,62	1,65	1,65	1,55	1,55 cd
Colorado1	1,54	1,28	1,40	1,48	1,40	1,42	1,41 c
Médias	1,59 AB	1,45 B	1,60 AB	1,59 AB	1,66 A	1,60 AB	

1/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

TABELA 25 - Valores médios da produtividade de espigas e de grãos das cultivares Zélia 01, CMS 43 CII, CMS 42- CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado, em função dos tratamentos testemunha (com e sem capina), metolachlor, trifluralin, cyanazine e nicosulfuron . Sete Lagoas-MG, 1994.

Cultivares	Tratamentos <sup>1/</sup> (kg/ha)					
	Testemunha c/capina	Testemunha s/capina	Metolachlor (2,4)	Trifluralin (1,8)	Cyanazine (2,5)	Nicosulfuron (0,06)
Produtividade de espigas (n <sup>o</sup> /ha)						
Zélia 01	52782	23150	39818	41610	47226	39818
CMS 43 CII	43522	24076	50004	43522	38892	52782
CMS 42 CI	52782	38892	41610	33336	37966	44448
Rogobras 2	45374	27780	30558	35188	55560	43522
Pirapoca B	55560	27785	37040	38892	62042	35188
Colorado1	50930	25928	44448	36114	55560	46300
Médias	50004 a	27780 b	40744 ab	37966 ab	48152 a	43522 a
Produtividade de grãos (kg/ha)						
Zélia 01	2066	556	1417	1422	1631	1566
CMS 43 CII	1521	681	1466	1633	1120	2102
CMS 42 CI	1880	1184	1526	920	1330	1614
Rogobras 2	1385	764	846	957	2006	1583
Pirapoca B	2011	796	932	1221	1976	1121
Colorado1	1947	700	1308	1258	2433	1559
Médias	1793 a	780 b	1234 ab	1223 ab	1721 a	1580 a

1/ Médias seguidas da mesma letra, não diferem significativamente pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

comparou os resultados dos ensaios de casa de vegetação, nas dosagens coincidentes com as utilizadas no ensaio de campo.

A avaliação da ocorrência de plantas daninhas revelou uma população de espécies dicotiledôneas e monocotiledôneas. No tratamento-testemunha, aos 32 e 41 dias após a emergência da cultura, as espécies ocorrentes foram: mentrasto (*Ageratum conyzoides* L.), serralha (*Sonchus oleraceus* L.), erva palha (*Blainvillea rhomboidea* Cass.), erva quente (*Borreria alata* DC.), trapoeraba (*Commelina benghalensis* L.), poaia (*Richardia brasiliensis* Gomez), capim colchão (*Digitaria horizontalis* Willd.), capim marmelada (*Brachiaria plantaginea* (Link) Hitch.) e capim emericki (*Pennisetum pedicellatum* Trin.).

## 5 CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho, permitem tirar as seguintes conclusões:

A - Experimento preliminar conduzido em casa de vegetação:

As dezoito cultivares de milho pipoca do Ensaio Nacional (CNPMS/ EMBRAPA) - Ano II - 1992-93, apresentaram tolerância diferencial aos herbicidas metolachlor, cyanazine e nicosulfuron.

B - Experimentos conduzidos em casa de vegetação

De maneira geral, a tolerância das cultivares aos herbicidas de pré-emergência obedeceu a seguinte ordem: metolachlor > trifluralin. Quanto aos herbicidas de pós-emergência foi: nicosulfuron > cyanazine. A ordem de tolerância entre as cultivares foi: CMS 43 CII > Zelia 01 > CMS 42 CI > Rogobras 2 > Pirapoca B > Colorado 1.

C - Experimento de campo

As cultivares avaliadas (Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42-C1, Rogobras 1, Pirapoca B e Colorado 1), apresentaram tolerância semelhante entre si, com relação às respostas ao metolachlor, trifluralin, cyanazine e nicosulfuron.

Os herbicidas não provocaram injúrias visuais e nem afetaram o desenvolvimento inicial das cultivares, quando da avaliação do volume de raiz, pesos da matéria seca de raiz e da parte aérea.

A altura de planta não foi influenciada pelos herbicidas. As medidas do diâmetro de colmo foram semelhantes entre os tratamentos herbicidas.

A produtividade de espigas e de grãos foi maiores nas parcelas tratadas com cyanazine e nicosulfuron.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AL-KHATIB, K.; BOYDSTON, R.; PARKER, R.; FUERST, E.P. Atrazine phytotoxicity to common bean and redroot pigweed under different temperatures. **Weed Science**, Champaign, v.40, p.364-370, 1992.
- ARNON, D.I. Cooper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. **Plant Physiology**, Rockville, v.24, p.1-15, 1949.
- BARRENTINE, W.L.; WARREN, G.F. Differential phytotoxicity of trifluralin and nitralin. **Weed Science**, Champaign, v.19, p.31-37, 1971a.
- BARRENTINE, W.L.; WARREN, G.F. Shoot zone activity of trifluralin and nitralin. **Weed Science**, Champaign, v.19, p.37-41, 1971b.
- BLAIR, A. M.; MARTIN, T. D. A review of the activity, fate and mode action of sulfonylurea herbicides. **Pesticide Science**, Oxford, v.22, p.195 - 219, 1988.
- BLUMHORST, M. R.; WEBER, J. B. Cyanazine dissipation as influenced by soil properties. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v. 40, p.894-897, 1992.
- BREAUX, E. J. Initial metabolism of acetochlor in tolerant and susceptible seedlings. **Weed Science**, Champaign, v. 35, p.463 - 468, 1987.
- BREAUX, E. J.; PATANELLA, J.E.; SANDERS, E.F. Chloroacetanilide herbicide selectivity selectivity: Analysis of glutathione and homogluthathione in tolerant, susceptible and safened seedlings. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.35, p.474 - 478, 1987 .
- BURTON, J. D.; MANESS, E.P.; MONKS, D.W.; ROBINSON, D. K. Sulfonylurea selectivity and safener activity in "landamark" and 'merit' sweet corn. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, New York, v.48, p.163 - 172, 1994.

- COTTINGHAM, C. K.; HATZIOS, K.K. Basis for differential tolerance of two corn hybrids (*Zea mays*) to metolachlor. **Weed Science**, Champaign, v. 40, p.359 - 363, 1992.
- COTTINGHAM, C.K.; HATZIOS, K.K. Influence of the safener benoxacor on the metabolism of metolachlor in corn. **Zeitschrift Naturforschung**, Wiesbaden, v. 46c, p. 846 - 849, 1991.
- DAVIS, J.L.; ABERNATHY, J.R., ; WIESE, A.F. Tolerance of 52 corn lines to trifluralin. **Proceeding South Weed Science Society**, Champaign, v.31, p.123, 1978.
- DIXON, G. A.; STOLLER, E.W. Differential toxicity, absorption, translocation and metabolism of metolachlor in corn (*Zea mays*) and yellow nutsedge (*Cyperus esculentus*). **Weed Science**, Champaign, v.30, p.225 - 230, 1982.
- DURIGAN, J.C.; RAFFI, A.S. Avaliação da seletividade de herbicidas, aplicados em pré emergência, para dois híbridos comerciais de milho (*Zea mays* L ). **Ciências das Plantas Daninhas**, Campinas, v.1, n.1, p. 14-15, 1993.
- EBERLEIN, C.V.; ROSOW, K.M.; GEADELMANN, J.L. ; OPENSHAW, S.J. Differential tolerance of corn genotypes to DPX - M6 316. **Weed Science**, Champaign, v. 37, p. 651-657, 1989.
- EKLER, Z.; DUTKA. F. ; STEPHENSON, G.R. Safener effects on acetochlor toxicity, uptake, metabolism and glutathione S - transferase activity in maize. **Weed Research**, Oxford, v.33, p. 311 - 318, 1993.
- EKLER, Z.; STEPHENSON, G.R. Comparative effectiveness and mode of action of safeners for chloroacetamide herbicides in maize seedlings. **Zeitschrift Naturforschung**, Wiesbaden, v.46c, p.828 - 835, 1991.
- FARAGO, S.; KREUZ, K.; BRUNOLD, C. Decreased glutathione levels enhance the susceptibility of maize seedlings to metolachlor. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, New York, v.47, p.199 - 205, 1993.
- FORLANI, G.; ERIK, N.; LANDI, P.; TUBEROSA, R. Chlorsulfuron tolerance and acetolactase synthase activity in corn (*Zea mays*). **Weed Science**, Champaign, v.39, p.553-557, 1991.

- FUERST, E.P. Understanding the mode of action of the chloroacetamide and thiocarbamate herbicides. **Weed Technology**, Champaign, v.1, p.270 - 277, 1987.
- FUERST, E. P.; ARNTZEN, C. J.; PFISTER, K.; PENNER, D. Herbicide cross-resistance in triazine-resistant biotypes of four species. **Weed Science**, Champaign, v.34, p.344-353, 1986.
- GAMA, E. E. G.; MAGNAVACA, R.; SILVA, J. B. da; et al., Milho Pipoca. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.14, n.165, p.8-12, 1990.
- GREEN, J.M.; ULRICH, J. F. Response of corn (*Zea mays* L.) inbreds and hybrids to sulfonylurea herbicides. **Weed Science**, Champaign, v.41, p.508 - 516, 1993.
- GRESSEL, J. Herbicide tolerance and resistance: alteration of site of activity. In: Duke, S.O. **Weed Physiology**. Boca Raton: CRC Press, 1985. v.2, p.159-190.
- GUTTIERI, M.J.; EBERLEIN, C.V.; SMITH, C.A.M.; THILL, D.C.; HOFFMAN, D.L. DNA sequence variation in domain A of the acetolactate synthase genes of herbicide-resistant and-susceptible weed biotypes. **Weed Science**, Champaign, v.40, p.670-676, 1992.
- HACSKAYLO, J.; AMATO, V.A. Effect of trifluralin on roots of corn and cotton. **Weed Science**, Champaign, v.16, p. 513 - 515, 1968.
- HARTZLER, R.G.; FAWCETT, R. S.; TABER, H.G. Effects of trifluralin on corn (*Zea mays* L.) growth and nutrient content. **Weed Science**, Champaign, v.38, p.468 - 470, 1990.
- HARVEY, R. G. Relative phytotoxicities of dinitroaniline herbicides. **Weed Science**, Champaign, v. 21, p. 517 - 520, 1973.
- HESS, F.D. Mecanism of action of inhibitors of amino acid biosynthesis. In: **HERBICIDE action**; an intensive course on the activity, selectivity, behavior and fate of herbicide in plant and soils. West Lafayette. IND: Purdue University, 1994a. p.344-365.
- HESS, F. D. Mode of action of mitotic disrupters. In: **HERBICIDE action**; an intensive course on the activity, selectivity, behavior and fate of herbicides in plants and soils. WestLafayette. IND: Purdue University, 1994b, p.163-170. ✓

- HESS, F. D. Mode of action of photosynthesis inhibitors. In: **HERBICIDE action; an intensive course on the activity, selectivity, behavior and fate of herbicides in plants and soils.** West Lafayette, IND: Purdue University, 1994c, p.85-102.
- HOLLIST, R.L.; FOY, C.L. Trifluralin interactions with soil constituents. **Weed Science**, Champaign, v.19, p.11-18, 1971.
- HOLT, J.S.; POWLES, S.B.; HOLTUM, J.A.M. Mechanisms and agronomic aspects of herbicide resistance. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.44, p.203-229, 1993.
- JENSEN, K.I.N.; STEPHENSON, G.R.; HUNT, L.A. Detoxification of atrazine in three gramineae subfamilies. **Weed Science**, Champaign, v.25, p.212-220, 1977.
- JENSEN, K.I.N.; STEPHENSON, G.R.; HUNT, L.A.; BANDEEN, J.D. The effect of atrazine, cyanazine and cyprazine on photosynthesis and growth of nine grasses. **Weed Research**, Oxford, v.17, p.379-386, 1977.
- KANG, M. S. Inheritance of susceptibility to nicosulfuron herbicide in maize. **The Journal of Heredity**, Baltimore, v. 84, n. 3, p. 216 - 217, 1993.
- KERN, A. D.; MEGGITT, W. F.; PENNER, D. Uptake, movement and metabolism of cyanazine in fall panicum, green foxtail and corn. **Weed Science**, Champaign, v.22, p.227-282, 1975.
- KIMURA, F.; HAGA, T.; SAKASHITA, N.; MURAI, S.; FUJIKAWA, K. SL 950, a novel sulfonylurea herbicide for corn In: **BRIGHTON CROP PROTECTION CONFERENCE.** Weeds, 1989. p.29-34.
- KISSMANN, K.G. **Herbicidas: tendências para o futuro.** São Paulo: BASF, 1993. 34p.
- KUNKEL, D.L.; STEFFENS, J. C.; BELLINDER, R. R. Effects of temperature and safeners on glutathione levels and glutathione s-transferase activity in maize. **Zeitschrift Naturforschung**, Wiesbaden, v. 46c, p.856 - 860, 1991.

- LACA-BUENDIA, J.P.; LEITES, A. Avaliação e seletividade do herbicida trifluralin (premerlin), aplicado em pré-emergência no controle de plantas daninhas em milho (*Zea mays*) em áreas de cerrado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 19, Londrina, PR, 1993. **Resumos...** Londrina: SBHED, 1993. p. 133-134.
- LANDI, P.; VICARI, A.; CATIZONE, P. Response of maize (*Zea mays* L.) imbred lines and hybrids to chlorsulfuron. **Weed Research**, Oxford, v.29, p.265- 271, 1989.
- LIEBL, R. Cell growth inhibitors (chloroacetamides, napropamide, bensulide). In: **HERBICIDE action; an intensive course on the activity, selectivity, behavior and fate of herbicides in plants and soils**. West Lafayette IND: Purdue University, 1994, p.173-184.
- MELLIS, J. M. ; PILLAI, P.; DAVIS, D. E.; TRUELOVE, B. Metolachlor and alachlor effects on membrane permeability and lipid synthesis. **Weed Science**, Champaign, v.30, p. 399 - 404, 1982.
- MENDOZA, R.A.M. **Efeito de herbicidas sobre a fixação de nitrogênio, crescimento e partição de assimilados em soja (*Glycine max* L. Merrill)**. Viçosa: UFV, 1993. 137 p. (Tese- Doutorado em Fitotecnia).
- MONKS, D. W.; MULLINS, C. A.; JOHNSON, K. E. Response of sweet corn (*Zea mays*) to nicosulfuron and primisulfuron. **Weed Technology**, Champaign, v.6, p.280-283, 1992.
- MORELAND, D.E.; FARMER, F.S.; HUSSEY, G.G. Inibition of photosyntesis and respiration by substituted 2,6-dinitroaniline herbicides. II. Effects on responses in excised plant tissues and treated seedlings. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, New York, v.2, p.354-363, 1972.
- MORTON, C. A.; HARVEY, R. G. Sweet corn (*Zea mays*) hybrid tolerance to nicosulfuron. **Weed Technology**, Champaign, v.6, p.91-96, 1992.
- NARSAIAH, D.B.; HARVEY, R.G. Alachlor placement in the soil as related to phytotoxicity to maize (*Zea mays*) seedlings. **Weed Research**, Oxford, v.17, p.163 - 68, 1977.

- NAVES, V.L. Crescimento, distribuição de matéria seca, concentração de clorofilas comportamento estomático de mudas de três espécies florestais submetidas a diferentes níveis de radiação fotossinteticamente ativa. Lavras: ESAL, 1993. 78 p. (Tese-Mestrado em Fisiologia Vegetal).
- NICCOM, C. E. Variations in inbred and varietal tolerance of corn to butylate, alachlor and propachlor. **Proceeding North Central Weed Control Conference**, v.25, p.33-35, 1985.
- O'CONNELL, K.M.; BREAU, E.J.; FRALEZ, R.T. Different rates of metabolism of two chloroacetanilide herbicides in Pioneer 3320 corn. **Plant Physiology**, Rockville, v.86, p.359 - 369, 1988.
- OKAFOR, L. I.; SAGAR, G. R.; SHORROCKS, V. M. Biological activity of dinitramine in soils. **Weed Research**, Oxford, v. 23, p.191 - 197, 1983.
- OLSON, B. M.; MCKERCHER, R.B.; HALSTEAD; E. H. Effects of trifluralin on root morphology and mineral status of wheat (*Triticum aestivum*) seedling. **Weed Science**, Champaign, v. 32, p.382 - 387, 1984.
- O'NEAL, W.B. Herbicide resistance in weeds and crops. **Ciência das Plantas Daninhas**, Londrina, v. 1, n. 2, p.26 - 30, 1993. (XIX Congresso - edição especial).
- O'SULLIVAN, J; BOUW, W. J. Reduced rates of postemergence herbicides for weed control in sweet corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, Champaign, v.7, p.995-1000, 1993.
- PARKA, S. J.; SOPER, O. F. The physiology and mode of action of the dinitroaniline herbicides. **Weed Science**, Champaign, v.25, p.79 - 82, 1977.
- PARKA, S.J.; TEPE, J.B. The disappearance of trifluralin from field soils. **Weed Science**, Champaign, v.17, p.119-122, 1969.
- PENNER, D. Effect of temperature on phytotoxicity and root uptake of several herbicides. **Weed Science**, Champaign, v.19, p.571-576, 1971.

- PORPIGLIA, P.J.; RAWLS, E.K.; GILLESPIE, G.R.; PEEK, J.W. A method to evaluate the differential response of corn (*Zea mays* L.) to sulfonylureas. **Abstracts of the Meeting Weed Science Society of America**, Champaign, v.30, p.86, 1990.
- RAY, T. B. Site of action of chlorsulfuron. **Plant Physiology**, Rockville, v.75, p. 827 -831, 1984.
- ROBINSON, D.K.; MONKS, D.W. ; BURTON, J.D. Effect of BAS 145138, CGA 154281 and naphthalic anhydride seed treatments on sweet corn (*Zea mays*) tolerance to nicosulfuron. **Weed Science** , Champaign, v. 42, p.614-617, 1994.
- ROBINSON, D.K.; MONKS, D. W.; SCHULTHEIS, J. R. Effect of nicosulfuron applied postemergence and post-directed on sweet corn (*Zea mays*) tolerance. **Weed Technology**, Champaign , v. 8, p.630 - 634, 1994.
- ROBINSON, D. K. ; MONKS, D.W.; SCHULTHEIS, J.R.; WORSHAM, A.D. Sweet corn (*Zea mays*) cultivar tolerance to application timing of nicosulfuron. **Weed Technology**, Champaign, v.7, p.840 - 843, 1993.
- ROGGENBUCK, F. C.; PENNER, D. Evolution of hybrid and imbred corn tolerance to trifluralin residues. **Proceeding North Central Weed Control Conference**, v.37, p. 46, 1982.
- ROGGENBUCK, F. C.; PENNER, D. Factors influencing corn (*Zea mays*) tolerance to trifluralin. **Weed Science**, Champaign, v.35, p.89-94, 1987.
- ROWE, L.; PENNER, D. Factors affecting chloroacetanilide injury to corn. **Weed Technology**, Champaign, v. 4, p.904 - 906, 1990.
- ROWE, L; ROSSMAN, E.; PENNER, D. Differential response of corn hybrids and imbreds to metolachlor. **Weed Science**, Champaign, v.38, p.563-566, 1990.
- RUCKHEIM FILHO, O.; VENTURELLA, L. R. C.; GUADAGNIN, P.J. Controle das plantas invasoras na cultura do milho (*Zea mays* L.). In: REUNIÃO TÉCNICA ANUAL DO MILHO, 22 e, SORGO GRANÍFERO, 6, 1977. **Ata...** Porto Alegre, RS: IPAGRO, 1977. p. 89-98.

- SANTOS, J. M.; HADEN, E. Avaliação da seletividade a diferentes doses e épocas de aplicação do herbicida nicosulfuron em diferentes cultivares de milho. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 19, Londrina, PR, 1993. **Resumos...** Londrina: SBHED, 1993. p.166-167.
- SARI-GORLA, M.; FERRARIO, S.; ROSSINI, C.; VILLA, M. Developmental expression of glutathione - S - transferase in maize and its possible connection with herbicide tolerance. **Euphytica**, Wageningen, v. 67, p.221 - 230, 1993.
- SAVAGE, K.E. Nitralin and trifluralin persistence in soil. **Weed Science**, Champaign, v.21, p. 285-288, 1973.
- SCARPONI, L.; ALLA, M. N.; MARTINETTI, L. Metolachlor in corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*): Persistence and biochemical signs of stress during its detoxification. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.40, p.884-889, 1992.
- SCARPONI, L.; PERUCCI, P; MARUCCHINI, C. Effect of alachlor, metolachlor, atrazine and simazine residues in some enzyme activities of maize tissues. **Agrochimica**, Pisa, v.33,p. 403-411, 1989.
- SCHUH, J.F. ; HARVEY, R.G. Carbamothiate and chloroacetamide herbicides for wood cup-grass (*Eriochloa villosa*) control in corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, Champaign, v.5, p.331-336, 1991.
- SCHULTZ, D. P.; FUNDERBURK, H.H.; NEGI, N.S. Effect of trifluralin on growth, morphology and nucleic acid synthesis. **Plant Physiology**, Rockville, v. 43, p.265-273, 1968.
- SCOTT, H.D.; PHILLIPS, R.E. Diffusion of herbicides to seed. **Weed Science**, Champaign, v.19, p.128-133, 1971.
- SHIMABUKURO, R.H. Atrazine metabolism and herticidal selectivity. **Plant Physiology**, Rockville, v. 42, p.1269-1276, 1967.
- SIGNORI, L. H.; DEUBER, R. Seletividade de herbicidas para híbridos simples de milho (*Zea mays* L.). **Planta Daninha**, Campinas, v.3, n.1, p.48-54, 1980.

- SILVA, J. B.; LEITES, A. Controle de gramíneas na cultura do milho (*Zea mays*) com trifluralin em pré e pós-emergência. In: CONGRESSO BRASILEIRO HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 19, Londrina, PR, 1993. **Resumos...** Londrina: SBHED, 1993. p.196-198.
- SILVA, J.B. da; PACHECO, C.A.P. ; OLIVEIRA, A.C. Controle pré e pós-emergente de plantas daninhas na cultura de milho pipoca (*Zea mays*). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE HERBICIDAS E PLANTAS DANINHAS, 19, Londrina, PR, 1993. **Resumos...** Londrina: SBHED, 1993. p.143-145.
- SILVA, J. B. da; SOUZA, J. L. B. de. Tolerância de cultivares precoces de milho (*Zea mays* L.) a cyanazine. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 17, Piracicaba, SP, 1988. **Resumos...** Piracicaba: Departamento de Genética, ESALQ/USP, 1988. p.31-32.
- SIMARMATA, M.; PENNER, D. Protection from primisulfuron injury to corn (*Zea mays*) and sorghum (*Sorghum bicolor*) with herbicide safeners. **Weed Technology**, Champaign, v.7, p.174-179, 1993.
- SIMPSON, D.M.; DIEHL, K. E. ; STOLLER, E.W. 2,4 - D safening of nicosulfuron and terbufos interaction in corn (*Zea mays*). **Weed Technology**, Champaign, v.8, p.547 - 552, 1994.
- SIRONS, G.J.; FRANK, R.; SAWYER, T. Residues of atrazine, cyanazine and their phytotoxic metabolites in a Clay Loam Soil. **Journal of Agricultural and Food Chemistry**, Washington, v.21, p. 1016-1020, 1983.
- STALL, W. M.; BEWICK, T.A. Sweet corn cultivars respond differentially to the herbicide nicosulfuron. **Hort Science**, Virginia, v.27, n.2, p.131 - 133, 1992.
- STEFANOVIC, L.; ZARIC, L. The effect of herbicides and low temperatures on certain maize genotypes. **Plant Protection**, Tokyo, v.42, n.198, p.345-356, 1991.
- STRANG, R. H.; ROGERS, R.L. A microradioautographic study of C-trifluralin absorption. **Weed Science**, Champaign, v.19, p.363-369, 1971.
- SWEETSER, P. B.; SCHOW, G. S.; HUTCHISON, J. M. Metabolism of chlorsulfuron by plants: biological basis for selectivity of a new herbicide for cereals. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Washington, v.17, p.18 - 23, 1982.

- THILL, D.C. Como a resistência de ervas daninhas se desenvolve. In: BASF Brasileira S.A. Ind. Química. **Resistência de Ervas Daninhas: Um assunto em evolução**. São Paulo, 1991. p.2-4.
- THOMPSON, L.; SLIFE, F.W.; BUTLER, H.S. Environmental influence on the tolerance of corn to atrazine. **Weed Science**, Champaign, v.18, p.509-514, 1970.
- VAUGHN, K. C.; LEHNEN, L. P. Mitotic disrupter herbicides. **Weed Science**, Champaign, v. 39, p.450- 457, 1991.
- VIGER, P.R.; EBERLEIN, C.V.; FUERST, E. P.; GRONWALD, J.W. Effects of CGA - 154281 and temperature on metolachlor absorption and metabolism, glutathione content and glutathione -s- transferase activity in corn (*Zea mays*). **Weed Science**, Champaign, v.39, p.324 - 328, 1991.
- WEED SCIENCE SOCIETY OF AMERICA. **Herbicide Handbook**. 7. ed. Champaign, 1994 352 p.
- WEISSHAAR, H.; BOGER, P. Further effects of chloroacetamides and evidence for inhibition of acetylation of DNA -associate proteins. **Pesticide Biochemistry and Physiology**, Washington, v.39, p.20 - 26, 1991.
- WELCH, A. W. Status of sweet corn varietal tolerance to nicosulfuron. **Proceedings of the Annual Meeting Southern Weed Science Society**, v.44, p.294, 1991.
- ZINSLY, J. R.; MACHADO, J. A. Milho Pipoca. In: FUNDAÇÃO CARGILL. **Melhoramento e produção do milho**. Campinas, 1987. p. 413-421.

**APÊNDICE**

APÊNDICE 1A- Resumo das análises de variância referente aos efeitos do metolachlor, cyanazine e nicosulfuron, sobre volume de raiz - VR (cm<sup>3</sup>/planta), peso de matéria seca de raiz - PMSR e de parte aérea - PMSPA (g/planta) de 18 cultivares de milho pipoca, avaliadas em casa de vegetação. Lavras -MG, 1993.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios		
		VR <sup>1/</sup>	PMSR <sup>1/</sup>	PMSPA <sup>1/</sup>
Herbicidas (H)	3	4,307 *	0,129*	0,202 *
Cultivares (C)	17	1,568 *	0,030*	0,038 *
H x C	51	0,862 **	0,016 **	0,022
Resíduo	72	0,439	0,009	0,015
Coef. de Variação	(%)	25,11	22,54	17,03

\*\* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

1/ As análises foram realizadas com os dados transformados em  $\sqrt{X}$ .

APÊNDICE 2A- Resumo das análises de variância e de regressão referente ao efeito do trifluralin aplicado em cinco doses, sobre a fitotoxicidade (% de plantas injuriadas) aos 12 e 21 dias após aplicação (DAA), volume de raiz-VR ( $\text{cm}^3/\text{planta}$ ) e peso de matéria seca da raiz - PMSR (g/planta), das plantas das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em casa de vegetação. Sete Lagoas-MG, 1994.

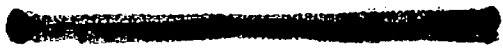
Causas de Variação	G.L.	Quadrados Médios			
		Fitotoxicidade <sup>1/</sup> (12 DAA)	Fitotoxicidade <sup>1/</sup> (21 DAA)	VR	PMSR <sup>2/</sup>
Doses (D)	4	59,32**	34,67**	403,91**	0,64**
Linear	1	224,79**	131,79**	1473,71**	2,22**
Quadrática	1	0,035 NS	0,51 NS	11,98 NS	0,30*
Cúbica	1	11,69**	6,23**	129,43**	0,031 NS
Desvio	1	0,75	0,15	0,51	0,0021
Cultivares (C)	5	8,42**	4,70**	157,64**	0,52**
D x C	20	2,15**	0,91**	4,76 NS	0,049 NS
Resíduo	90	0,39	0,38	4,22	0,045
Coef. de Var. (%)		5,32	5,46	26,79	27,66

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

\* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

1/ As análises foram realizadas com os dados transformados em  $\sqrt{X + 100}$ .

2/ A análise foi realizada com os dados transformados em  $\sqrt{x}$ .



APÊNDICE 3A-Resumo das análises de variância e de regressão referente ao efeito do metolachlor aplicado em cinco doses, sobre a fitotoxidade (% de plantas injuriadas) aos 10 e 20 dias após aplicação (DAA) e peso de matéria seca de parte aérea - PMSPA (g/planta), das plantas das cultivares Zélia 01, CMS 43-CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em casa de vegetação. Sete Lagoas-MG, 1994.

Causas de	GL.	Quadrados Médios	
Varição		Fitotoxidade <sup>1/</sup> (10 DAA)	Fitotoxidade <sup>1/</sup> (20 DAA)
Doses (D)	4	40,18**	30,11**
Linear	1	148,00**	106,21**
Quadrática	1	6,16**	6,87**
Cúbica	1	5,06**	3,61**
Desvio	1	1,41	3,77
Cultivares (C)	5	2,64**	3,27**
D x C	20	0,66 NS	0,67**
Resíduo	90	0,48	0,27
Coef. de Var. (%)		6,04	4,60

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

<sup>1/</sup> As análises foram realizadas com os dados transformados em  $\sqrt{X+100}$ .

APÊNDICE 4 A- Resumo das análises de variância e de regressão referente ao efeito do nicosulfuron aplicado em cinco doses, sobre a fitotoxicidade (% de plantas injuriadas) aos 14 após aplicação (DAA), volume de raiz -VR (cm<sup>3</sup>/planta), peso de matéria seca da raiz (PMSR) e de parte aérea - PMSPA (g/planta), altura de planta (cm), das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42-CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.

Causas de Variação	G.L	Quadrados Médios				
		Fitotoxicidade <sup>1/</sup> (14 DAA)	VR <sup>2/</sup>	PMSR <sup>2/</sup>	PMSPA <sup>2/</sup>	Altura de Planta
Doses (D)	4	10,81**	0,42 NS	0,07*	1,26 *	24,74*
Linear	1	39,95**	0,93**	0,22**	0,10 *	86,40**
Quadrática	1	2,64**	0,26 NS	0,05 NS	0,00 NS	4,76 NS
Cúbica	1	0,36 NS	0,16 NS	0,00 NS	0,01 NS	2,20 NS
Desvio	1	0,29	0,31	0,02	0,02	5,60
Cultivares (C)	5	0,55 NS	5,45**	0,54**	9,71 **	55,54**
D x C	20	0,44 NS	0,08 NS	0,02 NS	0,54 NS	7,65 NS
Resíduo	90	0,33	0,12	0,12	0,73	7,04
Coef. de Var. (%)		5,45	10,86	16,12	28,64	11,94

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

\* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

1/ A análise foi realizada com os dados transformados em  $\sqrt{x+100}$ .

2/ As análises foram realizadas com os dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

APÊNDICE 5A- Resumo das análises de variância e de regressão referente ao efeito do cyanazine aplicado em cinco doses, sobre a fitotoxicidade (% de plantas injuriadas) aos 14 dias após a aplicação (DAA) volume de raiz-VR (cm<sup>3</sup>/planta), peso de matéria seca de raiz - PMSR (g/planta), altura de planta (cm) e teor de clorofila foliar total (mg/g), das cultivares - Zélia 01, CMS 43- CII, CMS 42-CI, Rogobras 2, Pirapora B e Colorado em casa de vegetação. Sete Lagoas - MG, 1994.

Causas de Variação	GL	Quadrados Médios				
		Fitotoxicidade 1/ (14 DAA)	VR <sup>2/</sup>	PMSR <sup>2/</sup>	Altura de planta	Clorofila foliar total
Doses (D)	4	31,55 *	2,35*	0,28*	11,07*	10,02 *
Linear	1	11,51 *	8,75*	0,99*	3,58*	7,67 *
Quadrática	1	12,75 *	0,06NS	0,03NS	33,34NS	6,87 NS
Cúbica	1	0,48NS	0,27NS	0,06NS	0,07NS	11,80 NS
Desvio	1	1,45	0,33	0,03	5,28	13,73
Cultivares (C)	5	1,86 NS	4,17*	0,47**	57,42*	14,97 *
D x C	20	1,43 NS	0,33NS	0,05NS	10,45NS	15,09NS
Resíduo	90	1,25	0,24	0,03	11,97	23,63
Coef.de variação	%	27,08	13,65	15,41	10,32	24,04

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

\* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

1/ A análise foi realizada com os dados transformados em  $\sqrt{x + 100}$ .

2/ A análise foi realizada com os dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

APÊNDICE 6A<sub>1</sub> - Resumo das análises de variância referente ao efeito do metolachlor, trifluralin, cyanazine e nicosulfuron, sobre volume de raiz -VR (cm<sup>3</sup>/planta), peso de matéria seca de raiz - PMSR e de parte aérea - PMSPA (g/planta), das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, aos 20 dias após plantio. Sete Lagoas-MG, 1994.

Causas de Variação	G.L.	Quadrados Médios		
		VR <sup>2/</sup>	PMSR <sup>2/</sup>	PMSPA <sup>2/</sup>
Blocos	5	0,32	0,0010	0,0052
Tratamentos (T) <sup>1/</sup>	5	1,37 NS	0,0012 NS	0,0315*
Resíduo (A)	25	0,70	0,0009	0,0092
Cultivares (C)	5	2,13**	0,0009 NS	0,0103NS
T x C	25	0,41 NS	0,0013 NS	0,0093 NS
Resíduo (B)	150	0,47	0,0010	0,0091
Coef. de Var. (%) - A		12,35	11,16	13,61
Coef. de Var. (%) - B		24,92	29,09	33,15

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

\* Significativo a 5% de probabilidade, pelo teste F.

1/ Herbicidas, testemunha com capina e testemunha sem capina.

2/ As análises foram realizadas com os dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

APÊNDICE 6A<sub>2</sub> - Resumo das análises de variância referente ao efeito do metolachlor, trifluralin, cyanazine e nicosulfuron, sobre volume de raiz -VR (cm<sup>3</sup>/planta) e peso de matéria seca de raiz - PMSR e de parte aérea -PMSPA (g/planta), das cultivares Zelia 01, CMS 43 CII, CMS 42 CI, Rogobras 2, Pirapoca B e Colorado 1, aos 35 dias após plantio. Sete Lagoas-MG, 1994.

Causas de Variação	G.L.	Quadrados Médios		
		VR <sup>2/</sup>	PMSR <sup>2/</sup>	PMSPA <sup>2/</sup>
Blocos	5	4,95	0,0054	0,063
Tratamentos (T) <sup>1/</sup>	5	4,30 NS	0,0075 NS	0,044 NS
Resíduo (A)	25	4,27	0,0094	0,037
Cultivares (C)	5	14,69**	0,0075 NS	0,048 NS
T x C	25	1,93 NS	0,0085 NS	0,041 NS
Resíduo (B)	150	2,69	0,0092	0,044
Coef. de Var. (%) - A		12,07	11,23	9,31
Coef. de Var. (%) - B		23,46	27,27	24,93

\*\* Significativo a 1% de probabilidade, pelo teste F.

1/ Herbicidas, testemunha com capina e testemunha sem capina.

2/ As análises foram realizadas com os dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

APÊNDICE 7A- Resumo das análises de variância referente aos efeitos do metolachlor, trifluralin, cyanazine e nicosulfuron, sobre altura de planta (cm), diâmetro de colmo (cm), produtividade de espigas (nº/ha) e produtividade de grãos (kg/ha) das cultivares Zelia 01, CMS 43 - CII, CMS 42 - CI, Rogobras 2, Pirapoca B, Colorado 1. Sete Lagoas - MG, 1994

Causas de Variação	G.L	Quadrados Médios			
		Altura da Planta	Diâmetro de Colmo <sup>2/</sup>	Produção de Espigas	Produção de Grãos <sup>2/</sup>
Blocos	5	2394,82	0,20	301,84	154,88
Tratamentos (T) <sup>1/</sup>	5	480,59NS	0,28**	2766,93**	1134,95**
Resíduo (A)	25	714,12	0,06	293,49	135,29
-----					
Cultivares (C)	5	12405,45**	1,14**	56,34NS	61,48NS
T x C	25	196,96NS	0,035NS	294,31NS	124,94NS
Resíduo	150	182,70	0,032	357,99	136,52
-----					
Coef. de Var.(%)		7,91	2,51	15,64	12,37
-----					
Coef. de Var. (%)		9,80	4,51	31,30	26,42
-----					

\*\* Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

1/ Herbicidas, testemunha com capina e testemunha sem capina.

2/ A análise foi realizada com os dados transformados em  $\sqrt{X+1}$ .