

# INFLUÊNCIA DO pH NA RESPOSTA DE SEMENTES DE PLANTAS DANINHAS A SUBSTÂNCIAS PROMOTORAS DE GERMINAÇÃO<sup>1</sup>

RICARDO CARMONA<sup>2</sup>

## RESUMO

Determinou-se o efeito do pH na ação de algumas substâncias promotoras de germinação em sementes de *Chenopodium album* L., *Avena fatua* L. e *Rumex crispus* L. A azida de sódio (A), nitrato de potássio + etileno (NE), NE + A, NE + A + tiuréia + peróxido de hidrogênio foram testados em solo (em bandejas) e em papel (*in vitro*) com soluções tampão em ambiente controlado. O efeito do NE no estímulo à germinação de sementes não foi afetado pelo pH na faixa de 3 a 9. A azida de sódio foi a substância que mais afetou as sementes, sendo este efeito pH-dependente. Este composto foi extremamente deletério em sementes de *C. album* e *A. fatua* em solo ácido (pH 4,0), enquanto em solo básico ele estimulou a germinação em sementes de *A. fatua*, através da superação da dormência. A combinação

de NE + A em pH 6,2 inibiu a germinação de *C. album* e *A. fatua*, mostrando um antagonismo entre estes compostos. A mistura dos cinco compostos reduziu a influência do pH na ação deletéria da azida de sódio. O efeito deletério da azida foi menos afetado pela temperatura do que sua ação como superador de dormência. A solução extraída do solo não afetou a resposta de tratamentos químicos *in vitro* em diferentes temperaturas comparado a soluções tampão em pH semelhante. Discute-se a influência das características do solo na eficácia de substâncias químicas como superadores de dormência ou tratamentos deletérios às sementes.

**Palavras chave:** *Avena fatua*, *Chenopodium album*, dormência, emergência, *Rumex crispus*, viabilidade.

## ABSTRACT

### Influence of pH on the action of chemicals on weed seeds.

The effects of pH on the action of some dormancy-relieving chemicals were investigated on seeds of *Chenopodium album*, *Avena fatua* and *Rumex crispus*. Sodium azide (A), potassium nitrate + ethephon (NE), NE + A, NE + A + thiourea + hydrogen peroxide were tested in soil trays or in paper (*in vitro*) with buffer solutions in controlled environment. The response to NE was not affected by pH from 3 to 9. Sodium azide had the greatest effect on seed decline, but its effect was pH-dependent. This compound was extremely deleterious for *Chenopodium*

*album* L. and *Avena fatua* L. seeds in acid soil (pH 4), while in basic soil it relieved dormancy of *A. fatua*. At pH 6.2 the combination of NE + A was detrimental to *C. album* and *A. fatua*, perhaps because of an antagonism between the compounds. Mixing the five compounds together reduced the influence of pH on the deleterious effect of azide. The deleterious effect of this compound was less affected by temperature than its dormancy-relieving action. The solution extracted from both soils did not affect the

<sup>1</sup>Recebido para publicação em 31/07/95 e na forma revisada em 29/03/96.

<sup>2</sup> Eng. Agrôn., PhD, Prof. Adjunto, Bolsista do CNPq, Dep. Eng. Agrônômica, Universidade de Brasília, Caixa Postal 04508, CEP 70910-970, Brasília-DF.

treatments *in vitro* at different temperatures compared with buffers at similar pH. The influence of soil characteristics on the efficacy of dormancy-relieving or weed killing treatments in

the field is discussed.

**Key words:** *Avena fatua*, *Chenopodium album*, dormancy, emergence, germination, *Rumex crispus*, viability.

## INTRODUÇÃO

Substâncias químicas que estimulam a germinação de sementes de certas espécies em condições controladas, podem apresentar nenhum ou quase nenhum efeito quando testadas em campo (Carmona, 1992). Isto ocorre porque, geralmente, as condições físicas ou químicas do ambiente são inadequadas para uma considerável ação dos compostos no campo (Thomas, 1989).

Devido à capacidade do solo em tamponar o pH, a superação da dormência através de substâncias químicas pode diferir entre o laboratório e o campo. Cohn *et al.* (1983) e Cohn & Hughes (1986) demonstraram que a superação da dormência em sementes de arroz vermelho por nitrito, azida, cianida e hidroxilamina ocorre numa faixa de pH que favorece as formas não iônicas dos compostos. No caso da azida de sódio, baixos pH's favorecem a forma não iônica ( $\text{HN}_3$ ) enquanto a concentração do ânion ( $\text{N}_3^-$ ) aumenta com o aumento do pH. A competição para penetrar células, possíveis reações com outros solutos do solo e a adsorção também podem contribuir para uma redução no efeito de substâncias químicas no campo. A exposição de sementes a compostos químicos é provavelmente mais curta no solo do que *in vitro* devido à lixiviação, de gradação ou dissipação dos compostos no solo, reduzindo a sua eficácia (Peters & West, 1991).

Neste trabalho reportam-se os efeitos do pH, em solução tampão e no solo, e dos solutos da solução do solo, na germinação, emergência e sobrevivência de sementes de plantas daninhas em resposta a tratamentos químicos. O principal propósito é auxiliar o entendimento das condições nas quais alguns tratamentos químicos podem, mais efetivamente, causar o decréscimo de bancos de sementes no solo.

As concentrações ótimas de nitrato de potássio, tiuréia, etileno, azida de sódio e peróxido de hidrogênio para a superação de dormência de sementes de *C. album* e *A. fatua* foram previamente determinadas *in vitro* (Carmona, R., dados não publicados). Estes compostos não foram testados apenas separadamente, mas também em misturas para investigar a ocorrência de efeitos aditivos e sinérgicos. As interações foram, entretanto, algumas vezes negativas. A mistura contendo as cinco substâncias químicas estimulou a germinação em níveis similares a 20mM de nitrato de potássio mais 300mg/l de etefon para *C. album* e a 1mM de azida de sódio para *A. fatua*. Como o objetivo do trabalho era obter um tratamento que fosse geral para o maior número de espécies possível, foi surpreendente verificar uma forte interação negativa entre azida, nitrato e etefon na germinação de *C. album*, devido ao antagonismo entre nitrato e azida.

O objetivo do presente trabalho é determinar a extensão na qual as ações e interações de compostos superadores de dormência de sementes de plantas daninhas são pH-dependentes. Três aspectos do efeito do ambiente químico sobre a germinação e emergência das sementes de plantas daninhas são investigados no presente trabalho: pH, interações entre compostos químicos na solução do solo e a persistência de compostos aplicados no solo.

## MATERIAL E MÉTODOS

### Sementes

Um experimento foi conduzido usando-se sementes de *C. album* e *R. crispus* coletadas na Fazenda Sonning, próximo a Reading, Berkshire, Inglaterra. Estas sementes estavam enterradas em sacos de nylon desde novembro de 1988 nas profundidades de 1 e 10cm no solo e foram

exumadas em 25 de março de 1991. Três repetições de sementes de *C. album* e *R. crispas* foram exumadas e combinadas para cada espécie devido ao pequeno número de sementes contidas em cada saco, sendo divididas igualmente entre os tratamentos. O processamento posterior das amostras foi semelhante ao descrito por Carmona (1993).

Outro experimento envolveu sementes de *C. album* e *A. fatua*, que haviam sido armazenadas em embalagem hermética com 10% de umidade das sementes à temperatura de -20°C, por aproximadamente 2,5 e 16,5 anos respectivamente. Os frutos de *C. album* foram colhidos, manualmente, em outubro de 1988 em infestações naturais na Fazenda Sonning. Após secagem por aproximadamente 72 horas (ar forçado a temperatura de 15°- 20°C e umidade relativa de 15%), o material colhido foi friccionado, manualmente, entre luvas de borracha, peneirado e ventilado, usando-se um assoprador de sementes para a remoção de sementes vazias, palha e outros materiais inertes. As sementes limpas foram posteriormente secas até aproximadamente 10% de umidade (base úmida) e armazenadas em sacos de alumínio selados. As sementes de *A. fatua* foram coletadas numa única área próxima a Blewbury, Oxfordshire, Inglaterra, secas em prateleira de casa de vegetação, limpas e depois armazenadas. Antes dos testes as sementes foram novamente limpas através de ventilação, descartando-se,

manualmente, as vazias e de coloração marrom, usando-se apenas as cheias de coloração acinzentada. A seleção de sementes cinzas deveu-se ao seu maior grau de dormência, constatado em teste preliminar.

#### Soluções tampão

Para obter-se diferentes valores de pH nos testes de germinação em papel (*in vitro*), foram preparadas soluções tampão de força iônica constante (0,05M) numa faixa de pH que variou de 3 a 9, usando-se tampões do tipo McIlvaine em pH de 3 a 7 e tampão do tipo ácido carbônico para o pH 9 (Dawson *et al.*, 1969). Utilizaram-se reagentes químicos de pureza ao redor de 99% (BDH Chemicals).

#### Ajuste de pH do solo

As amostras de solo foram coletadas em março de 1991 em dois locais na Fazenda Sonning. O primeiro correspondeu a solo agrícola, mantido livre de plantas daninhas desde o início de 1990, através de aplicações regulares de paraquat. Deste modo, o banco de sementes encontrava-se relativamente baixo no momento da coleta. O segundo, próximo ao primeiro, correspondeu a uma área de mata que apresentava, em consequência, solo ácido. Estes solos serão referidos daqui em diante como arenoso e orgânico, respectivamente (Tabela 1).

TABELA 1. Características químicas dos solos arenoso e orgânico na coleta.

Solo	pH	K (ppm)	P (ppm)	Mg (ppm)
arenoso	6,20	55	85	77
orgânico	4,00	240	106	40

Previamente à coleta, removeram-se manualmente as pedras e vegetação da superfície da área a ser amostrada. O solo foi extraído da profundidade de aproximadamente 1 a 10cm, misturado para homogenização, peneirado (malha de 1cm) e seco ao ar. As determinações de pH e condutividade elétrica foram realizadas após uma

hora da adição e mistura de 10ml de solo seco e 25ml de água deionizada.

Diferentes valores de pH foram obtidos no solo orgânico, mediante incorporação, em bandejas (20 x 16 x 5cm) contendo 1,25kg de solo seco cada, de 0; 2,95; 5,41; 9,10 e 14,02g de cálcio (hidróxido de cálcio, 98,0% de pureza)

por kg de solo seco. O solo foi umedecido com água deionizada e incubado durante duas semanas em casa de vegetação para favorecer a reação do calcário. Após este período, todas as plântulas foram descartadas e o solo foi mantido seco nos dez dias que precederam a semeadura e a aplicação dos compostos químicos.

### **Extração da solução do solo**

Aproximadamente 10 litros dos solos arenoso e orgânico sem calagem foram colocados em vasos e umedecidos lentamente com água deionizada até atingir a capacidade de campo. Os vasos foram cobertos com plástico transparente e incubados por 24 horas em casa de vegetação para permitir a difusão iônica. A solução do solo foi então extraída através da compressão de pequenas porções de solo envoltas em tecido de nylon com a utilização de uma prensa. Desta forma, obteve-se ao redor de 700ml de solução por vaso.

### **Substâncias promotoras de germinação testadas**

O efeito do pH do solo ou de solução tampão foi testado na ação dos seguintes compostos químicos (fornecidos por BDH Chemicals):

- 1 mM de azida de sódio (A);
- 20 mM de nitrato de potássio + 300 mg/l de etefon (N + E);
- Os três compostos mencionados (N + E + A);
- Os três mais 4 mM de tiuréia e 10 mM de peróxido de hidrogênio (N + E + A + T + P).

### **Germinação e emergência**

Os experimentos usando-se placas de petri, rolos de papel toalha ou bandejas contendo solo, foram conduzidos em ambiente controlado (germinadores com alternância automática de temperatura). Os testes foram conduzidos sob diversas condições de temperatura e luz, que variaram entre os experimentos. Estas condições são mencionadas nos resultados para maior

facilidade de interpretação dos mesmos. Para a determinação da porcentagem de germinação, sementes de *C. album* e *R. crispus* foram semeadas em placas de Petri de poliestireno (9cm de diâmetro), sobre duas folhas de papel (SP) tipo Whatman Grade 181, previamente umedecidas com 4,5ml de água deionizada ou solução química, de acordo com o tratamento. As placas foram mantidas sob luz contínua, por quatro semanas. A germinação no escuro foi realizada em idênticas condições, com o recobrimento das placas com duas folhas de papel de alumínio. A germinação de sementes de *A. fatua* foi realizada durante seis semanas em rolos de papel toalha (EP) umedecidos (23.5 x 31.0cm, Hi-dri bronze towels, Kimberly-Clark Corporation), utilizando-se duas folhas como base e uma como cobertura. De acordo com o experimento, as substâncias químicas foram dissolvidas em água deionizada, solução tampão ou solução do solo, e co-aplicadas ao substrato de germinação para as três espécies estudadas.

Cada tratamento constou de quatro repetições de 50 sementes (exceto para as sementes exumadas do solo que foram utilizadas em sua totalidade), as quais foram acondicionadas em conjunto em saco de polietileno transparente para reduzir a evaporação e possíveis trocas de compostos voláteis. A classificação das plântulas em normais ou anormais foi feita de acordo com critérios adotados pela ISTA (1985a,b).

Os testes entre solo (ES) foram realizados com sementes de *A. fatua* e *C. album* semeadas à profundidade de 1cm em cada metade da bandeja, às taxas de 200 e 400 sementes por bandeja para cada espécie, respectivamente. Este experimento foi arranjado em delineamento inteiramente casualizado com quatro repetições, cada bandeja representando uma repetição. Os produtos químicos foram aplicados como solução no volume de 300ml por bandeja. As bandejas foram acondicionadas em sacos de polietileno para minimizar-se a dessecação e trocas gasosas e colocadas em sala com temperatura controlada de 10/20°C (16/8 horas) no escuro. A emergência foi registrada durante dois meses, após o qual o pH

foi medido numa repetição por tratamento. As sementes não germinadas foram recuperadas através da lavagem do solo em peneira de malha de 0,6mm para a remoção de partículas pequenas, secagem ao ar do material retido e nova peneiração (1,7mm de malha) para separar as sementes de *A. fatua* e *C. album*.

A viabilidade de sementes de *C. album* e *R. crispas* foi testada através do teste de germinação a 5/25°C (16h/8h), com 10mM de nitrato de potássio e luz contínua (fluorescente branca, 0.1-0.9 mol.m<sup>-2</sup>.d<sup>-1</sup>) (Murdoch *et al.*, 1989; Totterdell & Roberts, 1980). A determinação da viabilidade de sementes de *A. fatua* foi feita através do teste de germinação a 10°C, com 10mM de nitrato de potássio no escuro (Murdoch, 1982). Após 21 dias, as sementes de *A. fatua* não germinadas foram descascadas e perfuradas no endosperma nas adjacências do embrião e deixadas por mais 21 dias no teste de germinação nas mesmas condições descritas. Estas condições são extremamente promotoras de germinação destas espécies (através da superação de dormência), de forma a permitir a determinação da viabilidade

das mesmas.

Testaram-se os compostos químicos em temperaturas adversas para a germinação das espécies, que não superaram a dormência de sementes, como 15°C para *A. fatua* e 20°C no escuro para *C. album*. Além disto, testaram-se também temperaturas intermediárias, nem muito promotoras nem inibidoras, como 10/20°C (16/8 horas) (Totterdell & Roberts, 1980; Murdoch *et al.*, 1989).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

### Persistência e efeito de compostos químicos no pH do solo

A adição de hidróxido de cálcio ao solo orgânico na taxa de até 9,10g/kg de solo seco ajustou o pH para aproximadamente 8. A adição de 14,02g Ca(OH)<sub>2</sub>/kg de solo seco não teve efeito adicional no pH (Tabela 2). O pH do solo manteve-se relativamente constante para ambos solos em todos os tratamentos químicos, o que evidencia a capacidade tamponante dos solos na presença ou ausência de calcário.

**TABELA 2.** Valores médios do pH do solo, aos dois meses após a aplicação das misturas químicas compreendendo 1mM de azida de sódio (A), 20mM de nitrato de potássio (N), 300mg/l de etefon (E), 4mM de tiuréia (T) e 10mM de peróxido de hidrogênio (P).

Solo	Ca(OH) <sub>2</sub> (g/kg de solo seco)	Composto químico				
		água	A	N+E	N+E+A	N+E+A+T+P
arenoso	0	6,81	6,26	6,19	6,28	6,08
	0	4,00	4,30	4,04	4,38	4,30
orgânico	2,95	5,69	6,16	5,65	5,89	5,57
	5,41	7,27	7,16	7,11	7,20	7,05
	9,10	8,18	8,17	8,02	8,06	8,08
	14,02	8,18	8,27	8,03	8,22	8,20
	14,02	8,18	8,27	8,03	8,22	8,20

A condutividade de ambos os solos foi reduzida pela aplicação de azida de sódio e aumentou após a aplicação das outras misturas (Tabela 3). À excessão de um leve incremento na condutividade do solo arenoso durante a primeira semana, a condutividade dos solos manteve-se estável por pelo menos cinco semanas

após o tratamento químico. Com relação ao pH, a azida de sódio teve o maior efeito, mas aumentou o mesmo em apenas 0,3 a 0,4 pontos, enquanto as outras misturas tiveram um efeito irrelevante no pH. Estes resultados foram consistentes ao longo de cinco semanas. A estabilidade da condutividade elétrica é uma

indicação da persistência dos compostos químicos no solo.

Os tratamentos químicos tiveram um

efeito mais pronunciado no pH das soluções extraídas do solo em relação às soluções tampão ou mesmo ao solo (Tabelas 3, 4 e 5).

**TABELA 3.** Condutividade e pH dos solos arenoso (SA) e orgânico (SO) durante cinco semanas após a aplicação de tratamentos químicos compreendendo 1mM de azida de sódio (A), 20mM de nitrato de potássio (N), 300mg/l de etefon (E), 4mM de tiuréia (T) e 10mM de peróxido de hidrogênio (P).

Solo	Compostos químicos									
	ausência		A		N+E		N+E+A		N+E+A+T+P	
	SA	SO	SA	SO	SA	SO	SA	SO	SA	SO
<b>Semana</b>	<b>Condutividade (µmhO)</b>									
0	78	120	100	100	380	320	380	230	430	390
1	225	115	185	105	400	260	430	260	520	310
2	250	125	150	90	440	320	370	230	560	330
3	195	130	170	90	410	260	360	180	570	330
4	210	155	155	100	470	270	440	250	580	360
5	220	140	160	100	450	250	370	200	610	330
	<b>pH</b>									
0	6,20	3,91	6,21	3,96	5,93	3,73	6,00	3,78	6,10	3,80
1	6,18	3,96	6,53	4,00	6,21	3,78	6,30	3,91	6,36	3,85
2	6,19	3,64	6,52	3,89	6,09	3,68	6,40	3,76	6,10	3,74
3	6,10	3,84	6,54	4,20	6,01	3,81	6,46	4,01	6,12	3,88
4	6,11	3,78	6,45	4,18	5,98	3,84	6,34	3,99	5,93	3,86
5	5,96	3,75	6,40	4,15	5,95	3,78	6,25	4,02	5,91	3,82

**TABELA 4.** Efeito de compostos químicos no pH e condutividade elétrica das soluções dos solos arenoso (SA) e orgânico (SO) e soluções tampão de diferentes forças iônicas. Os compostos químicos são os seguintes: 1mM de azida de sódio (A), 20mM de nitrato de potássio (N), 300mg/l de etefon (E), 4mM de tiuréia (T) e 10mM de peróxido de hidrogênio (P).

Meio	Compostos Químicos					
	Nenhum	A	N+E	N+E +A	N+E +A+ T+P	
	<b>Condutividade (mmhO)</b>					
SA	0,58	0,69	2,90	2,85	2,90	
SO	0,32	0,40	3,10	3,00	3,00	
tampão 0,05 M	8,90	8,90	11,00	11,00	11,00	
tampão 0,1 M	7,00	7,00	9,00	9,00	9,00	
água	0,02	0,12	3,00	2,85	2,85	
	<b>pH</b>					
SA	7,06	7,12	4,31	4,93	4,99	
SO	4,68	5,01	3,01	3,26	3,28	
tampão 0,05 M	4,03	4,21	3,77	3,86	3,91	
tampão 0,1 M	6,49	6,49	6,17	6,24	5,88	
água	5,41	5,90	2,90	2,92	3,04	

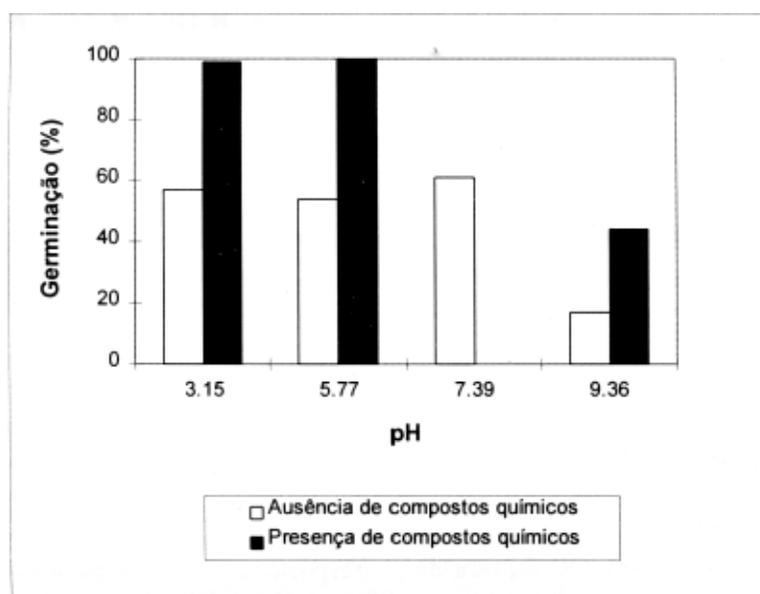
**TABELA 5.** pH das soluções na presença e ausência de solução tampão 0.05M e misturas de compostos químicos incluindo 1mM de azida de sódio (A), 20mM de nitrato de potássio (N), 300mg/l de etefon (E), 4mM de tiuréia (T) e 10mM de peróxido de hidrogênio (P).

Tampão	sem químicos	A	N+E	N+E+A	N+E+A+T+P
presença	3,35	3,51	3,05	3,20	3,19
	5,91	5,90	5,30	5,31	5,30
	7,37	7,35	6,94	7,00	7,00
	9,48	9,47	9,29	9,26	9,18
ausência	4,51	5,64	2,65	2,80	2,90

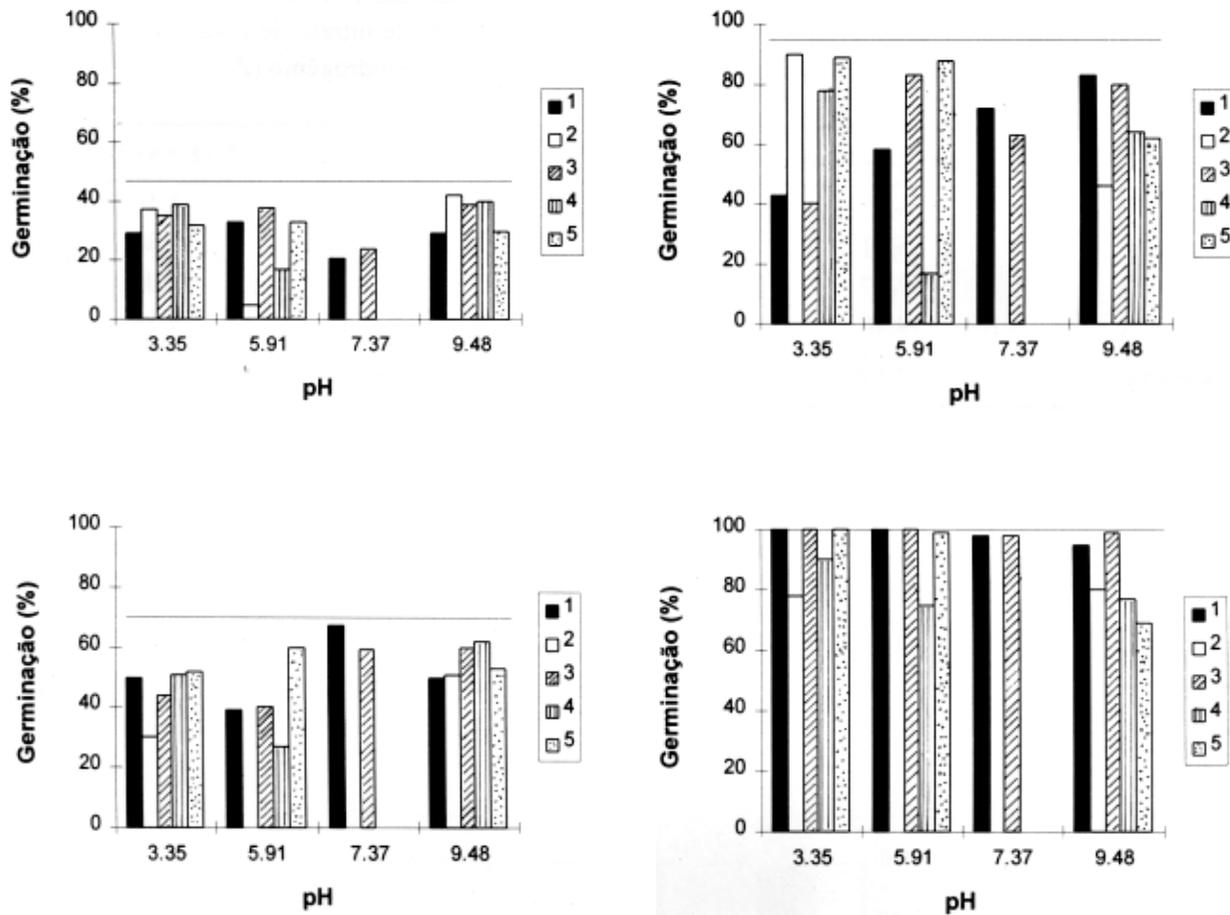
### Efeito do pH e tipo de solo na ação de compostos químicos na germinação

Na ausência de compostos químicos, o pH das soluções tampão ou do solo não afetou a germinação, emergência e a viabilidade das sementes de *C. album*, *R. crispus* e *A. fatua* (Figuras 1, 2, 3, 4 e 5), não importando se as

sementes foram coletadas do solo ou armazenadas em laboratório. A mais baixa germinação, verificada no pH mais elevado (9,36) no tampão 0,1 M (Figura 1), foi provavelmente causada pela alta concentração do tampão, uma vez que esta inibição não foi evidente quando a força iônica foi reduzida para 0,05 M (Figura 2).



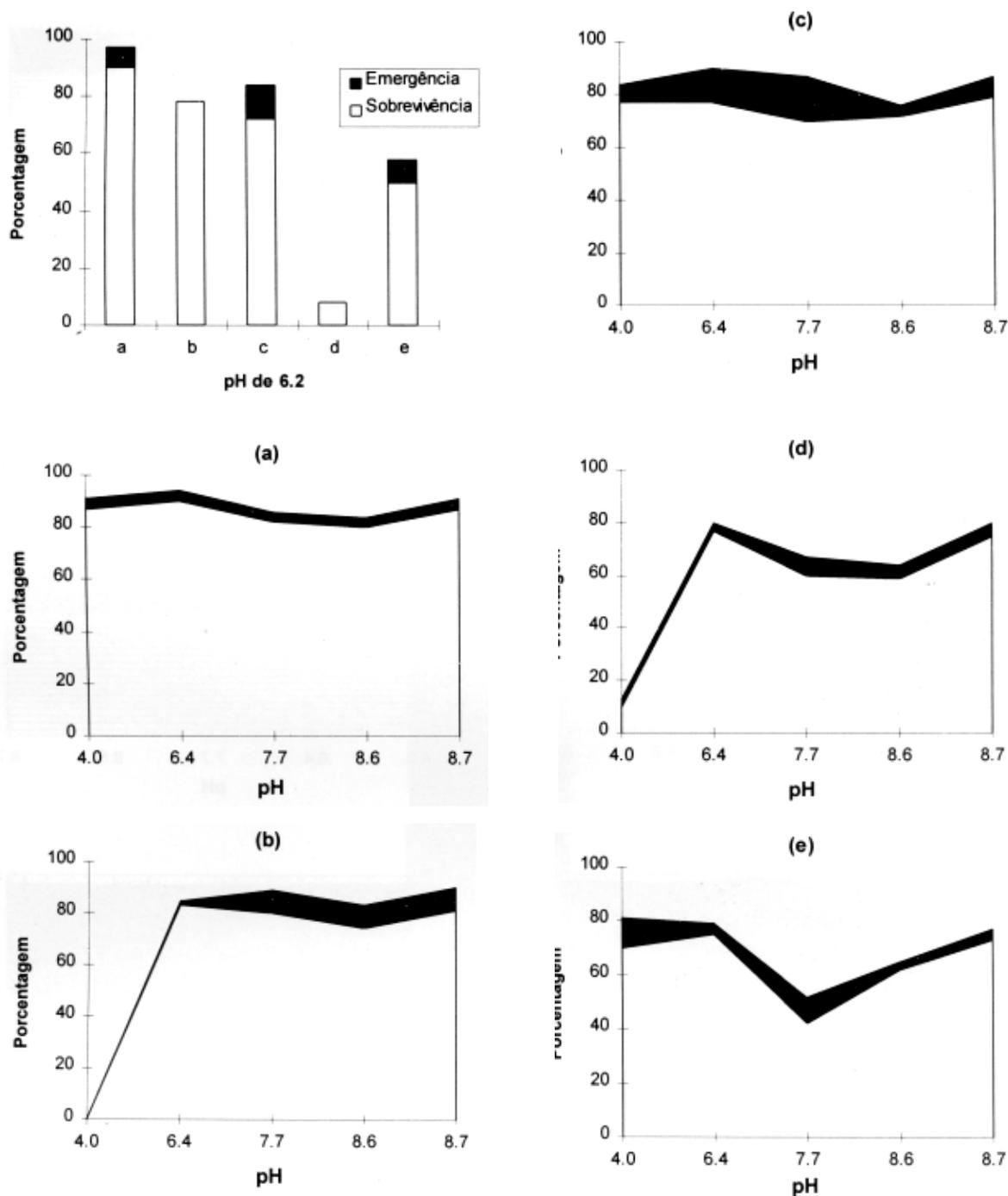
**FIGURA 1.** Germinação de sementes de *C. album* após quatro semanas em soluções tampão de força iônica constante (0.1M) na presença (barra tracejada) ou ausência (barra cheia) de 20mM de nitrato de potássio + 4mM de tiuréia + 300mg/l de etefon + 1mM de azida de sódio + 10mM de peróxido de hidrogênio, a 5/25°C com luz.



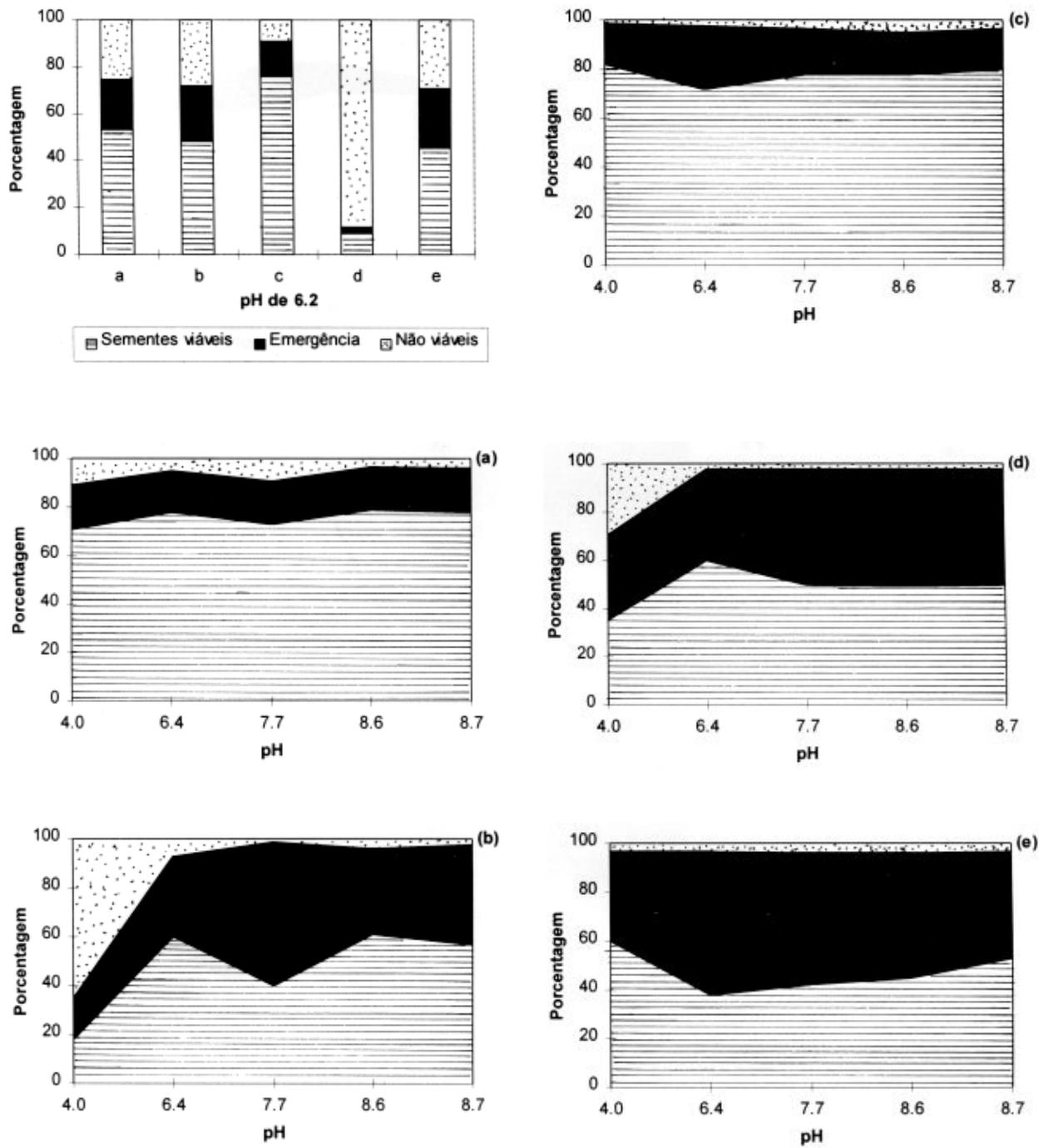
**FIGURA 2.** Germinação de sementes de *C. album* (acima) e *R. crispus* (abaixo), coletadas a 1cm (esquerda) e 10cm (direita) de profundidade no solo, em soluções tampão de força iônica constante (0.05M); sem a adição de compostos químicos (1), ou com 1mM de atida de sódio (2), 20mM de nitrato de potássio + 300mg/l de etefon (3), os três compostos mencionados (4), os três mais 4mM de tiuréia e 10mM de peróxido de hidrogênio (5). Os testes foram conduzidos a 10/20°C no escuro. A linha horizontal representa a viabilidade de sementes.

O pH teve um forte efeito na resposta de alguns tratamentos químicos, o que será discutido detalhadamente a seguir. Esta resposta foi similar em sementes de *C. album* e *R. crispus* coletadas no solo e testadas em soluções tampão (Figura 2) ou em sementes de *C. album* e *A. fatua* semeadas em bandejas (Figuras 4 e 5). A profundidade de semeadura aparentemente não teve efeito na

resposta de ambas espécies aos químicos, apesar da menor viabilidade de sementes de *C. album* coletadas a 1cm de profundidade (Figura 2). A resposta de *C. album* à mistura dos cinco compostos em sementes coletadas do solo ou armazenadas em laboratório foi semelhante (Figuras 1 e 2).



**FIGURA 4.** Emergência (área preta) e sobrevivência (área branca) de sementes de *C. album* em solo arenoso (pH 6.2) e em solo orgânico, ajustado a vários níveis de pH (4.0-8.7) com os seguintes tratamentos químicos: (a) ausência; (b) 1mM de azida de sódio (A); (c) 20mM de nitrato de potássio (N) + 300mg/l de etefon (E); (d) N + E + A; (e) N + E + A + 4mM de tiuréia e 10mM de peróxido de hidrogênio. A emergência foi avaliada por dois meses a 10/20°C no escuro.



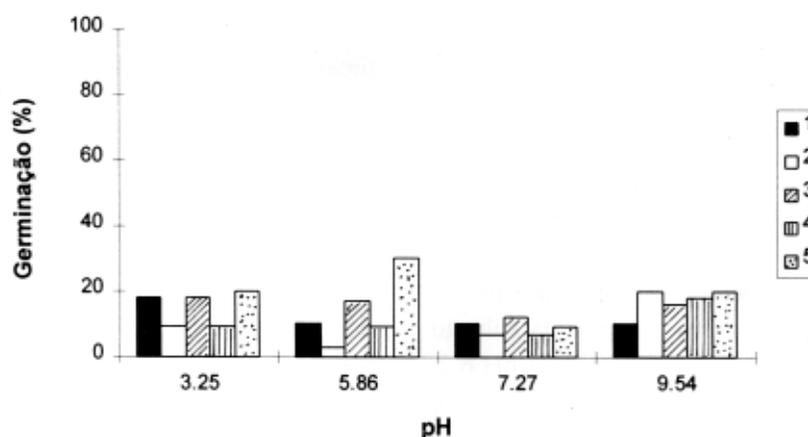
**FIGURA 5.** Emergência (área preta) e sementes viáveis (linhas horizontais) e não viáveis (área pontilhada) de *A. fatua* no solo arenoso (pH 6.2) e no solo orgânico ajustado a vários níveis de pH. Tratamentos químicos (a - e) e outros detalhes como descrito na Figura 4.

A germinação de sementes de *C. album* e *R. crispus* coletadas no solo, em soluções tampão à temperatura de 10/20°C foi alta, mesmo na ausência de compostos químicos aproximando-se da viabilidade das sementes (Figura 2). Isto indica que esta temperatura é bastante promotora de germinação, dispensando a necessidade de compostos estimulantes. Neste caso o efeito mais pronunciado dos compostos foi o de inibir a germinação. Por outro lado, as sementes de *C. album* semeadas em bandejas, em iguais condições de temperatura apresentaram germinação inferior em todos os tratamentos e o efeito principal dos compostos químicos foi o de reduzir a viabilidade de sementes (Figura 4).

Estudo prévio (Carmona, R., dados não publicados) demonstrou que a mistura de nitrato de potássio mais etefon é promotora de germinação de sementes em *C. album*. No presente estudo o efeito desta combinação não foi afetado pelo pH da solução nas três espécies a 10/20°C no escuro, tanto nas soluções tampão como no solo (Figuras 2, 4c e 5c). Esta mistura reduziu o número de sementes de *C. album* no solo em comparação com o controle (Figura 4a,c) e as plântulas resultantes do teste de viabilidade

mostraram menor crescimento em todos os níveis de pH.

O efeito da azida de sódio variou com o pH, entretanto os resultados em soluções tampão não foram exatamente equivalentes àqueles no solo (Figuras 2 e 4). A azida inibiu fortemente a germinação de sementes de *C. album* e *R. crispus* em solução tampão na faixa de pH de 5,9 a 7,4, enquanto nenhuma inibição ocorreu nos pH's 3,3 e 9,5 (Figura 2). A baixa germinação de sementes de *A. fatua* em soluções tampão, de forma geral, mascarou os efeitos dos compostos químicos (Figura 3). A azida reduziu a viabilidade de sementes de *C. album* e *A. fatua* em solo ácido com pH 4,0 (Figuras 4b e 5b) e as poucas plântulas eram provavelmente anormais, com crescimento reduzido e hipocótilo inchado. Em pH maior ou igual a 6,4, entretanto, a emergência de *A. fatua* foi estimulada (i.e. dormência superada) enquanto a viabilidade de sementes de ambas espécies foi mantida (Figuras 4b e 5b) e as plântulas eram normais. Estes efeitos da azida de sódio foram similares tanto na presença como na ausência de nitrato de potássio mais etefon (Figuras 4b,c e 5b,c).



**FIGURA 3.** Germinação de sementes de *A. fatua* em soluções tampão de força iônica constante (0.05 M) com os seguintes compostos químicos: ausência (1), 1 mM de azida de sódio (2), 20 mM de nitrato de potássio + 300 mg/l de etefon (3), os três compostos mencionados (4), os três mais 4 mM de tiuréia e 10 mM de peróxido de hidrogênio (5). Os testes foram conduzidos a 15°C no escuro. A linha horizontal representa a viabilidade de sementes.

O tipo de solo afetou a sobrevivência de sementes, quando comparados os dois solos em pH similares (6,2 e 6,4). O solo arenoso reduziu a viabilidade ou induziu o aparecimento de plântulas anormais na presença de azida de sódio, com ou sem nitrato de potássio mais etefon, em relação ao solo orgânico (Figuras 4b,d e 5b,d).

A adição de tiuréia e peróxido de hidrogênio reduziu os efeitos deletérios da azida de sódio + nitrato de potássio + etefon em *C. album* e *A. fatua* em meio fortemente ácido (Figuras 1, 2, 4e e 5e). Esta mistura não reduziu o número de sementes viáveis de *C. album* e *A. fatua* no solo em qualquer pH e temperatura testados.

Os efeitos de compostos químicos foram confirmados de forma geral em experimento posterior em sementes de *C. album* usando-se dois solos, mas sem ajustar-se o pH do solo orgânico (Carmona, R., dados não publicados).

### **Efeito dos solutos extraídos do solo na ação de compostos químicos**

A solução extraída dos solos não afetou a resposta de germinação e viabilidade de sementes de *C. album* ( $F=1,21$ , não significativo) em relação aos compostos químicos (Figuras 6a,b,c). A azida de sódio isolada ou em combinação com nitrato de potássio mais etefon mostrou-se mais prejudicial às sementes de *C. album* na solução do solo orgânico com tampão com pH 4,0, em todas temperaturas, do que os demais tratamentos testados, confirmando os resultados obtidos em bandejas. A azida de sódio também mostrou-se deletéria às sementes quando presente na solução do solo arenoso e em solução tampão com pH 6,2. As plântulas produzidas nestas condições foram anormais. Com relação aos demais tratamentos químicos, confirmaram-se os resultados observados nos solos.

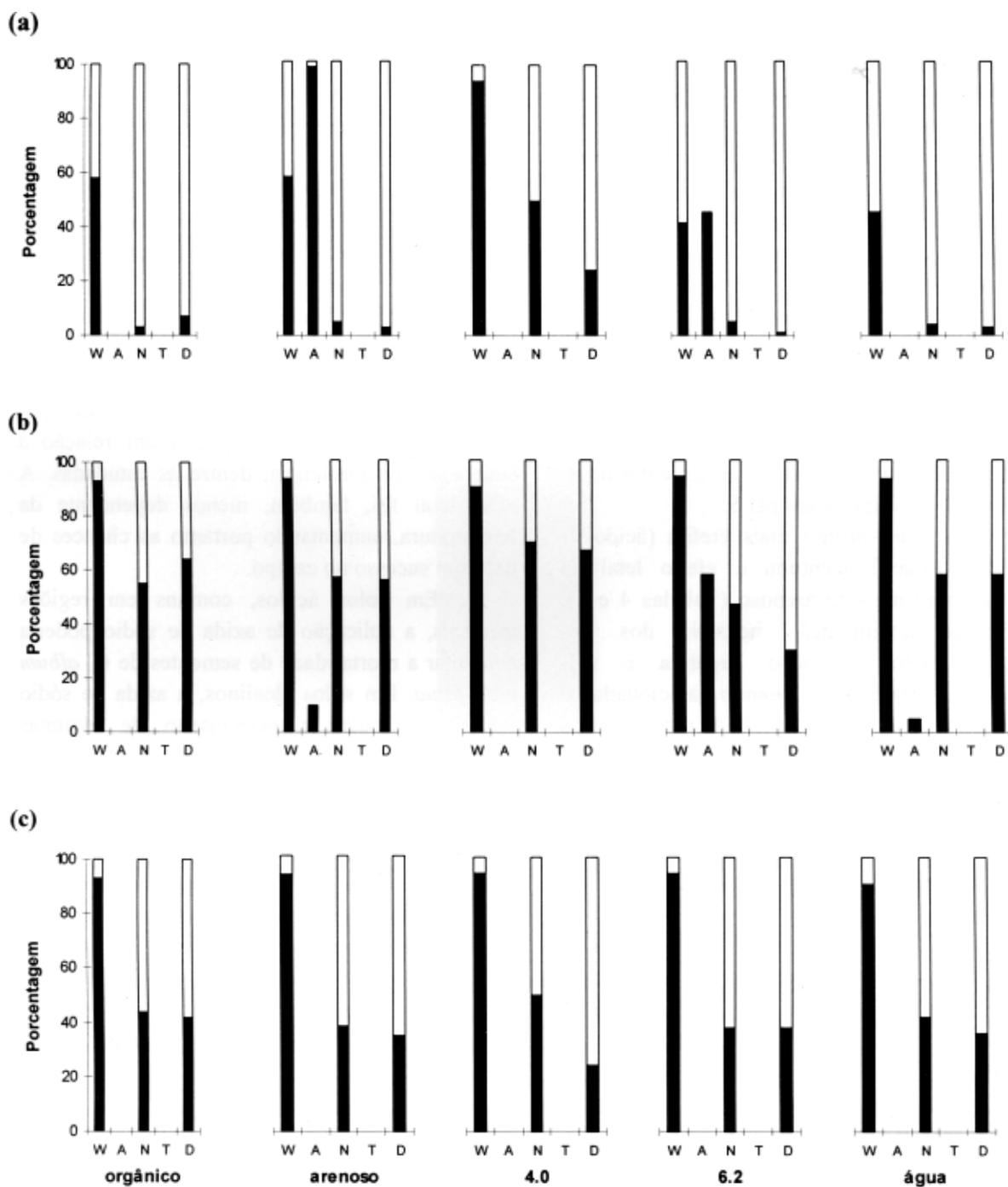
A azida de sódio em pH 6,2 (em solução tampão ou solução do solo) foi mais deletéria às sementes em temperatura constante do que alternada, possivelmente porque a temperatura média foi mais elevada na primeira. Entretanto, a

azida foi eficiente em todas as temperaturas testadas, uma vez que as plântulas geradas foram anormais. Na presença de nitrato de potássio mais etefon, a azida foi sempre deletéria não importando a temperatura, o que confirma os resultados obtidos no experimento em bandejas onde o nitrato de potássio mais etefon aumentou o efeito inibitório da azida em pH por volta de 6. Estes efeitos deletérios foram, portanto, menos dependentes da temperatura do que os tratamentos de superação de dormência (Figura 6).

### **Discussão geral**

A ação de alguns compostos químicos superadores de dormência de sementes pode ser afetada pelo pH. A promoção devida ao nitrato de potássio mais etefon não foi dependente do pH do meio em *C. album*. Entretanto, a ação superadora de dormência desta mistura em *C. album* no solo foi menor em comparação com um estudo prévio *in vitro* (Carmona, R., dados não publicados), possivelmente devido à temperatura menos favorável usada ou algum fator restritivo no solo ainda não elucidado.

O efeito da azida de sódio, que causou o maior prejuízo à qualidade de sementes nestes experimentos, é pH-dependente. Este composto superou a dormência de sementes de *A. fatua* em solo alcalino, enquanto muitas sementes de *C. album* e *A. fatua* foram mortas ou danificadas (gerando plântulas anormais) em solo ácido (pH 4). O efeito deletério não ocorreu, entretanto, em solução tampão com pH 3,35 (Figuras 2 e 3). Embora valores de pH inferiores a 4,0 não tenham sido testados, a concentração de cloreto de potássio usada no tampão de pH mais baixo foi consideravelmente maior, o que pode ter afetado a habilidade da azida de penetrar as células. Isto pode ter ocorrido por competição osmótica de íons. Outra diferença entre os tratamentos *in vitro* em solução tampão e em solo foi que nos tratamentos em solo usou-se sementes armazenadas em ambiente controlado, enquanto os testes em solução tampão foram realizados com sementes coletadas do solo.



**FIGURA 6.** Germinação das sementes (área branca) e viabilidade das sementes não germinadas (área preta) em *C. album*, em vários meios, nas temperaturas de: (a) 5/25°C; (b) 10/20°C; (c) 20°C no escuro. Onde: controle (W), 1mM de azida de sódio (A), 20mM de nitrato de potássio + 300mg/l de etefon (N), A + N (T), T mais 4mM de tiuréia e 10mM de peróxido de hidrogênio (D). Estes compostos químicos.

As distintas respostas à azida de sódio em vários valores de pH pode estar relacionada ao balanço entre as formas iônicas e não iônicas do composto (Cohn & Hughes, 1986). O mecanismo pelo qual as duas formas agem nas sementes não é conhecido. Em baixas concentrações a azida pode bloquear a cadeia respiratória enquanto em concentrações mais altas ela pode inibir a respiração pela supressão da oxidação do citocromo; outros inibidores da terminal-oxidase estimulam a perda de dormência em muitas espécies (Roberts & Smith, 1977). Tilsner & Upadhyaya (1989) observaram que 1mM de azida de sódio estimulou a respiração de sementes de *A. fatua* em pH 7 e inibiu-a em pH 5.

A mistura nitrato mais etefon (ácido 2-cloroetil-fosfônico) acentuou o efeito letal da azida de sódio no solo arenoso (Tabelas 4 e 5), confirmando a interação negativa dos três compostos. Esta interação negativa é pH-dependente. Entretanto, quando adicionada à solução tampão, a mistura nitrato de potássio mais etefon atenuou o efeito inibitório da azida de sódio, possivelmente pela maior ação da solução tampão em relação à solução do solo em estabilizar o pH (Tabela 4), bem como pelo aumento da competição iônica com a azida, que pode ter minimizado a penetração da mesma nas células.

Quando reunidos, os cinco compostos restringiram a faixa de pH na qual a azida foi letal, para valores ao redor de 7 em *C. album* e *R. crispus*. Em *A. fatua*, esta mistura reduziu o efeito inibitório causado pela azida em todos os valores de pH.

A azida de sódio foi mais prejudicial à germinação e viabilidade das sementes no solo arenoso (pH 6,2) que no solo orgânico com calcário (pH 6,4). Esta diferença pode ter sido causada pelas características físicas e químicas dos solos ou pelo poder tamponante do calcário em solo orgânico. O maior conteúdo de matéria orgânica do solo orgânico pode afetar a retenção iônica e a aeração, modificando, portanto, a disponibilidade e resposta da semente à azida de

sódio. Os componentes da solução do solo não apresentaram efeito na ação dos compostos químicos na germinação de sementes nos testes realizados em papel.

Portanto, entre os compostos testados, a azida de sódio foi o mais promissor na redução de bancos de sementes do solo, mas seu efeito em sementes de *C. album*, *R. crispus* e *A. fatua* depende do pH. O declínio do banco de sementes devido ao efeito letal deste composto em meio ácido foi mais intenso que sua ação na superação de dormência e aumentou a abrangência de ação do composto para mais espécies em relação à superação de dormência, dentre as estudadas. A ação letal foi, também, menos dependente da temperatura, aumentando portanto as chances de uso com sucesso no campo.

Em solos ácidos, comuns em regiões tropicais, a aplicação de azida de sódio poderia aumentar a mortalidade de sementes de *C. album* e *A. fatua*. Em solos alcalinos, a azida de sódio poderia estimular a germinação de algumas sementes de *A. fatua*, mas é improvável que este composto, agindo de forma isolada no solo, diminua a taxa de sementes viáveis de outras espécies como *C. album*. Entretanto, pode ser possível aumentar o efeito letal da azida de sódio em solos neutros pela adição de compostos antagonísticos como etefon e nitrato de potássio, ou alguns agentes acidificantes de curto-prazo como ácidos orgânicos fracos. Esta hipótese necessita, entretanto, ser melhor explorada.

#### LITERATURA CITADA

- CARMONA, R. Problemática e manejo de bancos de sementes de invasoras em solos agrícolas. **Planta Daninha**, v.10, n.1 e 2, p.5-16, 1992.
- CARMONA, R. Influência das variações estacionais e profundidade de sementes no solo na dormência e germinação em *Rumex crispus* L. **Planta Daninha**, v.11, n.1 e 2, p.29-35, 1993.

- COHN, M.A., BUTER, D.L., HUGHES, J.A. Seed dormancy in red rice, response to nitrite and ammonium ions. **Plant Physiol.**, v.73, p.381-384, 1983.
- COHN, M.A., HUGHES, J.A. Seed dormancy in red rice, response to azide, hydroxylamine and cyanide. **Plant Physiol.**, v.80, p.531-533, 1986.
- DAWSON, R.M.C., ELLIOTT, D.C., ELLIOTT, W.H., JONES, K.M. **Data for Biochemical Research**. 2 ed. Oxford, UK: Clarendon Press, 1969. 102p.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). International rules for seed testing. Rules 1985. **Seed Sci. Technol.**, v.13, p.299-355, 1985a.
- INTERNATIONAL SEED TESTING ASSOCIATION (ISTA). International rules for seed testing. Annexes 1985. **Seed Sci. Technol.**, v.13, p.356-513, 1985b.
- MURDOCH, A.J. **Factors influencing the depletion of annual weed seeds in the soil**. Reading, UK: University of Reading, 1982, 222p. Tese de Doutorado.
- MURDOCH, A.J., ROBERTS, E.H., GOEDERT, C.O. A model for germination responses to alternating temperatures. **An. Bot.**, v.63, p.97-111, 1989.
- PETERS, N.C.B., WEST, T.M. Stimulation of *Bromus sterilis* seed germination by 1-(3-chlorophthalimido) cyclohexanecarboxamide (AC 94377) or gibberellic acid (GA3). **Brighton Crop Protection Conference-Weeds**, p.171-176, 1991.
- ROBERTS, E.H., SMITH, R.D. Dormancy and the pentose phosphate pathway. In KHAN, A.A., ed., **The Physiology and Biochemistry of Seed Dormancy and Germination**. Amsterdam: Elsevier/North Holland Biomedical Press, p.385-411, 1977.
- THOMAS, T.H. Why hormone seed treatments fail do have a field day. **Aspects of applied Biology**, v.21, p.136, 1989.
- TILSNER, H.R., UPADHYAYA, M.K. The effect of pH on the action of respiratory inhibitors in *Avena fatua* seeds. **An. Bot.**, v.64, p.707-711, 1989.
- TOTTERDELL, S., ROBERTS, E.H. Characteristics of alternating temperatures which stimulate loss of dormancy in seeds of *Rumex obtusifolius* L. and *Rumex crispas* L. **Plant, Cell & Environ.**, v.3, p.3-12, 1980.