

BENJAMIM DE MELO

TOLERÂNCIA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill) À SATURAÇÃO DE ALUMÍNIO, EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO, PARA SOLO SOB CERRADO.

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Fitotecnia, para obtenção do Grau de "Magister Scientiae".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS -: MINAS GERAIS

1 9 8 0

BENJAMIM DE MELO

TOLERÂNCIA DA SOJA (*Glycine max* (L.) Merrill) À SATURAÇÃO DE ALUMÍNIO, EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO, PARA SOLO SOB CERRADO.

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Fitotecnia, para obtenção do Grau de "Magister Scientiae".

ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS

LAVRAS - : MINAS GERAIS

1 9 8 0

BENJAMIM DE MELO

100


LABRAS - MINDS CENRIC

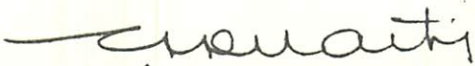
1988

[REDACTED]

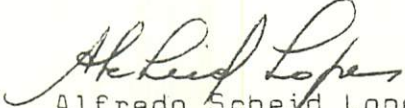
TOLERÂNCIA DA SOJA (Glycine max (L.) Merrill) À SATURAÇÃO DE ALUMÍNIO, EM CONDIÇÕES DE CASA DE VEGETAÇÃO, PARA SOLO SOB CERRADO.


APROVADA:


Pedro Milanez de Rezende
Orientador


p/ Magno Antônio Patto Ramalho
Co-orientador


Paulo César Lima


Alfredo Scheid Lopes


Luiz Augusto de Paula Lima

Aos
meus pais e irmãos

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Fundação Universidade do Amazonas (FUA), pela oportunidade concedida para a realização deste curso.

À Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), através de seus professores e dirigentes, pela orientação e ensinamentos ministrados.

À Superintendência da Zona Franca de Manaus (SUFRAMA), e ao Programa Institucional de Capacitação de Docentes (PICD), pela concessão das bolsas de estudos durante a realização do curso.

Ao Fundo de Incentivo à Pesquisa Técnico-Científica (FIPEC), pela ajuda financeira para a execução do trabalho.

Aos Professores Pedro Milanez de Rezende e Magno Antônio Patto Ramelho, pela excelente orientação, incentivo e amizade.

Ao Professor Paulo César Lima, pela programação para computador.

Ao Professor Hércio Andrade, pela classificação do solo.

Ao Eng^o Agr^o Nestor Claret Santos Teixeira, pela colaboração no desenvolvimento do ensaio.

Aos Professores Fernando Costa Santa Cecília e João Márcio de Carvalho Rios, pelo incentivo e interesse demonstrado.

Aos Bibliotecários Dorval Botelho dos Santos e Narro Botelho dos Santos, pelos esclarecimentos relativos às referências bibliográficas.

Aos Acadêmicos Antônio Carlos G. Cruvinel, Antônio Lisboa S. Teixeira e Wagner Pereira Reis, pela colaboração na coleta de dados.

Ao Técnico Agrícola Vitorino Wagner, pelo auxílio na condução do experimento.

Ao mano Brício de Melo, pela colaboração na revisão de literatura.

Aos amigos Antenor Francisco de Figueiredo, Genevile Carife Bergamo, Joaquim Soares Sobrinho e José Cardoso Pinto, pelo companheirismo leal.

Ao Eng^o Agr^o Berildo de Melo, pelo apoio e estímulo recebido.

Aos colegas de turma, pela amizade e incentivo.

Enfim, a todos aqueles que contribuíram, direta ou indiretamente, para a realização deste trabalho.

BIOGRAFIA DO AUTOR

BENJAMIM DE MELO, filho de Samuel de Melo e Izolêta Rodrigues de Melo, nasceu em Monte Carmelo, Estado de Minas Gerais, no dia 11 de fevereiro de 1950.

Concluiu os cursos de Mestre Agrícola e Técnico em Agropecuária, no Colégio Agrícola de Rio Verde, na cidade de Rio Verde, Estado de Goiás.

Em Julho de 1974, ingressou na Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), graduando-se em Engenharia Agrônômica, em Julho de 1978. Em agosto do mesmo ano, iniciou o curso de Mestrado em Fitotecnia, na mesma Escola, concluindo-o em maio de 1980.

SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO	01
2. REVISÃO DE LITERATURA	03
3. MATERIAL E MÉTODOS	08
3.1. Corretivo, determinação de suas doses e solo utilizado	08
3.2. Metodologia avaliada	09
3.3. Delineamento experimental	13
3.4. Condução do experimento e características avaliadas	13
3.5. Índice de tolerância e análises estatístico-genética	16
4. RESULTADOS	22
4.1. Análises químicas das camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade após incubação com hidróxido de cálcio $Ca(OH)_2$	22
4.2. Parte aérea	23
4.3. Sistema radicular	29
4.4. Matéria seca total	31
4.5. Estimativa de parâmetros genéticos, fenotípicos e correlações	32

	Página
5. DISCUSSÃO	37
6. CONCLUSÕES	44
7. RESUMO	45
8. SUMMARY	47
9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	49

LISTA DE QUADROS

Quadro	Página
1 Resultados das análises granulométricas e respectiva classificação textural do solo usado no ensaio de avaliação de genótipos de soja (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL - 1978/79.....	11
2 Resultados das análises químicas de amostras do solo que receberam o equivalente a 0,0; 1,5 e 3,0 t/ha do Ca(OH)_2 , utilizado na avaliação de genótipos de soja (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL - 1978/79.....	12
3 Genótipos de soja (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill), avaliados em diferentes níveis de saturação de alumínio em solo sob vegetação de cerrado. ESAL - 1978/79.....	14
4 Fertilizantes e suas respectivas dosagens utilizados por planta, no ensaio de avaliação de genótipos de soja (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL - 1978/79.....	15
5 Modelo da análise de variância, com as respectivas esperanças dos quadrados médios $\{E(QM)\}$ utilizado na análise dos dados obtidos na avaliação de genótipos de soja (<u>Glycine max</u> (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL - 1978/79.....	18

- 6 Modelo de análise de covariância com as respectivas esperanças dos produtos médios, utilizado na análise dos dados obtidos na avaliação de genótipos de soja (Glycine max (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL - 1978/79..... 20
- 7 Resumo das análises de variância para o comprimento e matéria seca da parte aérea, do sistema radicular e matéria seca total (raízes + parte aérea) obtidas no ensaio de avaliação de genótipos de soja (Glycine max (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL - 1978/79..... 24
- 8 Resultados médios do comprimento e da matéria seca da parte aérea obtidos no ensaio de avaliação de genótipos de soja (Glycine max (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL - 1978/79 26
- 9 Resumo do desdobramento da interação genótipos x níveis de saturação de alumínio, para o comprimento e matéria seca da parte aérea, do sistema radicular e matéria seca total, obtidas no ensaio de avaliação de genótipos de soja (Glycine max (L.) Merrill), em diferentes níveis de alumínio. ESAL - 1978/79..... 27
- 10 Índice de tolerância obtido no ensaio de avaliação de genótipos de soja (Glycine max (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL - 1978/79 28
- 11 Resultados médios do comprimento e da matéria seca do sistema radicular obtidos no ensaio de avaliação de genótipos de soja (Glycine max (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL - 1978/79 30

Quadro

Página

- 12 Resultados médios da matéria seca total (raízes + parte aérea), obtidos no ensaio de avaliação de genótipos de soja (Glycine max (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL-1978/79..... 33
- 13 Estimativas da variância e coeficiente de variação genético para as características dos genótipos de soja (Glycine max (L.) Merrill), avaliados em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL - 1978/79..... 34
- 14 Estimativas das correlações genéticas, fenotípicas e de Spearman entre as diversas características estudadas na avaliação de genótipos de soja (Glycine max (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL - 1978/79..... 36

1. INTRODUÇÃO

O aumento acentuado da população humana em todo o mundo requer maior produção de alimento. O Brasil poderá suprir esta deficiência, pelo menos em parte, com a exploração dos solos sob vegetação de cerrado. Entretanto, para que isto venha tornar-se realidade, alguns problemas destes solos precisam ser contornados.

O principal problema da incorporação das áreas de cerrado ao sistema de produção agrícola, está em que seus solos normalmente possuem baixa capacidade de armazenamento de água disponível. Conseqüentemente, a ocorrência de "veranicos" durante o período chuvoso ocasiona, no rendimento das culturas nelas instaladas, uma redução maior do que nas mesmas culturas em outras áreas. Nestas condições, um bom desenvolvimento do sistema radicular é fator importante para permitir à planta o aproveitamento da água disponível, presente nas camadas mais profundas do solo. Entre os fatores que impedem o perfeito desenvolvimento do sistema radicular está a ocorrência de elevados teores de alumínio (2, 6, 8, 14, 23, 39 e 42).

Uma alternativa proposta para reduzir os elevados teores deste elemento presentes nos solos de cerrado é a incorporação profunda de corretivos. Mas as técnicas, atualmente disponíveis para este fim, nem sempre são econômicas e chegam mesmo a ser inadequadas quando se refere ao alumínio trocável, existente nas camadas mais profundas.

Outra possibilidade que existe para minimizar este problema é a exploração do potencial genético de certos genótipos. Vários trabalhos têm mostrado que existe variabilidade do grau de tolerância ao efeito do alumínio entre espécies, e mesmo dentro da mesma espécie, o que permite proceder à seleção daqueles genótipos que apresentam maior tolerância ao citado elemento.

O presente trabalho foi conduzido com a finalidade de alcançar os seguintes objetivos:

1. avaliação de uma metodologia para o estudo da eficiência de genótipos de plantas com relação a adaptação aos solos sob vegetação de cerrado;
2. avaliar genótipos de soja (Glycine max (L.) Merrill), com relação à sua tolerância ao alumínio em solo sob vegetação de cerrado; e
3. estimar parâmetros genéticos visando possibilidades futuras de realizar programas de melhoramento com os genótipos testados.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Mais de um milhão e meio de quilômetros quadrados do território brasileiro é ocupado por vegetação de cerrado, GOODLAND & FERRI (15). Os solos sob vegetação de cerrado de acordo com LOPES (24 e 25), possuem ótimas condições de estrutura e agregação, excelentes condições para o preparo do solo, permeabilidade até excessiva e em geral são planos ou suavemente ondulados, permitindo mecanização em áreas muito extensas. Entretanto, um dos grandes problemas da utilização destes solos para a agricultura é o elevado teor de alumínio presente. Em vista disto e da literatura ser muito ampla a respeito dos efeitos maléficos deste elemento, aqui serão abordados apenas alguns destes pontos, dando maior enfoque, aos processos que podem ser utilizados para amenizá-los.

O local exato de atuação do íon alumínio nas plantas ainda não está bem esclarecido, NAIDOO et alii (33). Entretanto, pesquisas realizadas utilizando diferentes espécies têm mostrado o efeito do íon alumínio no desenvolvimento e produção das plantas. Utilizando genótipos de sorgo granífero e milho, RAGLAND & COLEMAN (36) observaram, em subsolo ácido e em solução nutritiva, que

a presença do íon alumínio prejudicou o desenvolvimento normal das raízes dessas plantas. Diversas cultivares de (Phaseolus vulgaris, L.) e (Phaseolus lunatus, L.) foram testadas por FOY et alii (14) em solo ácido e verificaram que a parte aérea, raízes e produção foram bastante prejudicadas, mas alguns genótipos manifestaram tolerância ao alumínio. Resultados similares foram obtidos por LONG & FOY (23), que testaram dois genótipos de trigo em subsolo ácido, e verificaram que o alumínio induzia deficiência de cálcio às plantas. Trabalhando com duas cultivares de feijão, em solução nutritiva FOY et alii (13), também chegaram a esta mesma conclusão. Em soja, SARTAIN & KAMPRATH (39 e 40) verificaram que o alumínio prejudicou tanto o número como o peso dos nódulos, constatando também a ocorrência de redução no desenvolvimento da parte aérea.

Este elemento interfere no funcionamento dos metabólicos fosforilados, produção de DNA e inibe a atividade da hexoquinase, CLARKSON (4). Em cultivares de cevada, REID et alii (38) verificaram aumento no número de raízes laterais, redução no seu comprimento, inibição da divisão celular e escurecimento do ápice das raízes. Foi observado também que o íon alumínio pode promover alterações na permeabilidade da raiz, reduzir a disponibilidade de fósforo FOY & BROWN (11), de potássio NYE et alii (34), manganês, zinco e ferro PATERSON, citado por GOODLAND & FERRI (15), cobre HIATT et alii (17), e enxofre JACKSON (18).

De acordo com OLMOS & CAMARGOS (35) a caracterização do problema de toxidez de alumínio nos diversos solos abrange não só a noção de quantidade de alumínio presente, mas também a sua

presença na camada mais profunda. A toxicidade provocada pelos cá tions de alumínio nestas condições é altamente prejudicial, pois limita a penetração e ramificação das raízes de plantas mais sen síveis ao efeito deste elemento (2, 8, 9, 14, 36, 41 e 42). Este problema torna-se mais acentuado em solos sob vegetação de cerra do que, segundo LOPES (25), elimina a possibilidade de aproveita mento da água disponível nas camadas mais profundas do solo e, também a utilização dos nutrientes que são lixiviados para estas camadas devido à baixa capacidade de troca de cátions destes so los.

A correção da toxidez do alumínio com o uso de corretivo nem sempre é econômica e viável, especialmente aquela presente nas camadas mais profundas dos solos, FDY (8, 9 e 10). Esta cor reção de acordo com OLMOS e CAMARGOS (35) torna-se inviável devi do à grande extensão de áreas formadas por solos que apresentam este elemento em grau considerável e pela inexistência de técni cas adequadas que permitem fazer a devida correção deste elemen to nas camadas mais profundas.

Por outro lado, experimentos conduzidos em várias partes do mundo têm mostrado que ocorrem diferenças marcantes entre es pécies e mesmo entre genótipos de uma mesma espécie com relação a toxidez de alumínio e outros elementos tóxicos no solo. Portan to, uma alternativa para solucionar o problema de alumínio às plantas em solos ácidos é obter genótipos com maior grau de tolerância (20, 21, 23, 26, 28, 29, 37, 39, 40, 41 e 42).

Especificamente para a cultura da soja um dos primeiros trabalhos a este respeito foi conduzido por ARMIGER et alii (2), que realizaram dois experimentos em casa de vegetação. No primeiro, foram avaliados 48 cultivares por um período de 63 dias, em subsolo ácido (pH 4,8). Verificaram que os genótipos diferiram largamente nos crescimentos absolutos da parte aérea e raízes. No segundo ensaio foram testados 15 cultivares por 43 dias, em solo ácido e quatro níveis de carbonato de cálcio, 750, 1500, 3000 e 6000 ppm e observaram que os genótipos apresentaram comportamentos diferentes nos vários níveis de alumínio.

Mais tarde, FOY et alii (12) constataram que as diferenças no crescimento das raízes dos genótipos de soja, na presença do alumínio, eram mais marcantes do que na parte aérea.

Utilizando três níveis de saturação de alumínio, 81, 28 e 4% SARTAIN & KAMPRATH (39), testaram 12 cultivares de soja por 75 dias em casa de vegetação. Observaram que a matéria seca da parte aérea aumentou com a redução do nível de alumínio.

Posteriormente, SARTAIN & KAMPRATH (41) realizaram outro experimento, utilizando dois níveis de saturação de alumínio no solo, 81 e 4%. Eles testaram, em casa de vegetação, 11 genótipos de soja. Ao contrário do trabalho realizado por FOY et alii (12), utilizaram como critério para avaliar a tolerância, o crescimento relativo do genótipo nos dois níveis de saturação de alumínio. Eles observaram que não ocorreu nenhuma correlação significativa entre comprimento das raízes e crescimento da parte aérea, mas ocorreu uma tendência do genótipo com maior desenvolvimento das

raízes apresentar maior crescimento no solo com alta saturação de alumínio do que aquele possuindo menor crescimento de raízes. Constataram também que o crescimento relativo dos genótipos variou de 0,54 a 0,79.

No Brasil, alguns trabalhos de tolerância de genótipos de soja ao alumínio em solo sob vegetação de cerrado têm sido realizados. MUZILLI et alii (32) observaram em três níveis de saturação de alumínio 0, 11 e 28% em condições de campo, o comportamento de 10 genótipos, tomando como base a produção relativa de grãos para avaliar a tolerância ao alumínio tóxico. Verificaram que os mesmos variaram amplamente em suas produções, sendo que o genótipo 'Andrews' foi considerado como mais sensível; 'Sant'Ana' e 'Santa Rosa', medianamente tolerantes e 'UFV-1' e 'Viçoja' como tolerantes.

Em experimento desenvolvido por RAIJ et alii (37) em Latossolo Vermelho Escuro textura média originalmente sob vegetação de cerrado, utilizando a cultivar 'Santa Rosa' e quatro níveis de saturação de alumínio, 0, 7, 20 e 65%, foi constatado que o máximo de produção ocorreu em torno do nível de 7% (pH 5,8 - 6,0), correspondendo a calagem de 3t/ha, suficiente para neutralizar parcialmente o alumínio tóxico do solo.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Corretivo, determinação de suas doses e solo utilizado

O corretivo utilizado para o ajustamento dos níveis de saturação de alumínio foi o hidróxido de cálcio $[\text{Ca}(\text{OH})_2]$ que apresentou, de acordo com análises realizadas no Instituto de Química "John H. Wheelock" do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras, os seguintes resultados : 73,07% de óxido de cálcio $[\text{CaO}]$ e um Poder Relativo de Neutralização Total $[\text{PRNT}]$ de 130%.

Para determinação das doses de hidróxido de cálcio foi utilizado o método de incubação de acordo com MALAVOLTA (27) e MUZILLI (30). Quantidades crescentes de hidróxido de cálcio equivalentes a 0, 1, 2, 3, 4 e 5 t/ha foram adicionadas em amostras de 100 g de terra contidas em sacos plásticos. Para favorecer a reação, cada amostra foi umedecida com 20 ml de água. Aos 10, 15, 20, 25 e 30 dias após o início do período de incubação das amostras, foram retiradas sub-amostras de cada tratamento com hidróxido de cálcio para verificação do ajustamento do pH. Foi observado que a partir de 15 dias após o início de incubação, as amos

tras não mostraram mais variação de seu pH, confeccionando-se, então, um gráfico pH x doses de hidróxido de cálcio. A curva obtida indicou ser necessário o equivalente a 3,0 t/ha de hidróxido de cálcio para as amostras alcançarem o pH desejável (5,8 - 6,0). Os níveis de saturação de alumínio foram calculados de acordo com KAMPRAH citado por MUZILLI et alii (32), ou seja:

$$\text{Saturação com Alumínio (\%)} = \frac{\text{Al}^{+++}}{\text{Ca}^{++} + \text{Mg}^{++} + \text{K}^{+} + \text{Al}^{+++}} \times 100$$

com os valores dos cátions em mE/100 cm³.

O solo utilizado foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico textura argilosa. Foi coletado no campo experimental da Escola Superior de Agricultura de Lavras, em área sob vegetação de cerrado ainda não cultivada, tendo-se o cuidado de remover toda vegetação presente na sua superfície. Foram coletadas duas camadas, correspondendo aos 0-20 e 20-40 cm de profundidade. As amostras coletadas foram peneiradas e foi adicionada a dosagem do corretivo de acordo com o tratamento com hidróxido de cálcio escolhido e a metodologia proposta descrita no item seguinte.

3.2. Metodologia avaliada

Conforme a metodologia proposta, procedeu-se a mistura das camadas do solo com o corretivo em betoneira previamente limpa. Durante sua realização foram adicionados 5 litros d'água para cada 50 kg de terra para favorecer a reação de neutralização

do alumínio trocável. Em seguida, a terra foi acondicionada em sacos plásticos e foram colocados à sombra. Vinte e oito dias após realizada a mistura do solo com o corretivo, foram utilizadas as terras correspondendo às camadas de 20 a 40 cm e aos 20 cm superficiais para enchimento dos vasos. Nesta ocasião, cinco amostras de cada tratamento foram retiradas para análises granulométricas e químicas, cujos resultados encontram-se representados nos quadros 1 e 2, respectivamente.

Os vasos utilizados foram confeccionados com recipientes vazios de óleos lubrificantes e possuíam cerca de 40 cm de altura e 9 cm de diâmetro. A parede interna de cada vaso foi revestida por um saco plástico de diâmetro semelhante ao do recipiente.

Para enchimento dos vasos foi colocado, em primeiro lugar, 1,4 kg de terra correspondente à camada de 20 a 40 cm de profundidade e, sobre esta, mais 1,4 kg referente aos 20 cm superficiais.

O corte das plantas foi realizado em 21/12/78, ou seja, quando as mesmas apresentaram um desenvolvimento satisfatório e mostrando diferenças marcantes entre os genótipos, o que se verificou aos 40 dias após a sementeira.

Nesta ocasião, procedeu-se à separação do sistema radicular e solo utilizando-se uma peneira sob o bloco de terra, com auxílio de um jato d'água.

QUADRO 1. Resultados das análises granulométricas e respectiva classificação textural do solo usado no ensaio de avaliação de genótipos de soja (Glycine max (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio.^(a) ESAL 1978/79.

Profundidade	Areias (b)	Limo (b)	Argila (b)	Classe Textural
- cm -	- - - - -	%	- - - - -	
0-20	41,7	2,7	55,6	Argila
20-40	41,7	2,0	52,3	Argila

(a) Análises realizadas no Instituto de Química "John H. Wheelock" do Departamento de Ciência do Solo da ESAL.

(b) Média de cinco repetições.

QUADRO 2. Resultados das análises químicas de amostras do solo que receberam o equivalente a 0,0 ; 1,5 e 3,0 t/ha do Ca(OH)₂, utilizado na avaliação de genótipos de soja (Glycine max (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. (a) ESAL - 1978/79.

Tratamentos	Profundidade	Al ⁺⁺⁺	Ca ⁺⁺ + Mg ⁺⁺	K ⁺	P	pH (b)	Saturação de Al ⁺⁺⁺
	-cm-	---mE/100 cm ³	(b)---	--ppm	(b)--		---%---
0,0 t/ha Ca(OH) ₂	0-20	0,94	0,66	39,0	1,2	4,6	55,29
	20-40	0,92	0,30	17,8	1,0	4,6	70,77
1,5 t/ha Ca(OH) ₂	0-20	0,28	1,68	35,2	1,0	5,2	13,66
	20-40	0,20	1,52	24,6	2,2	5,3	11,22
3,0 t/ha Ca(OH) ₂	0-20	0,10	2,88	34,0	1,0	5,9	3,26
	20-40	0,10	2,44	21,0	1,6	5,9	3,86

(a) Análises realizadas no Instituto de Química "John H. Wheelock" do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras.

(b) Média de 5 dados

Al⁺⁺⁺ e Ca⁺⁺ + Mg⁺⁺ - extrator: KCl 1N, relação 1:10
 P e K⁺ - extrator North Carolina: (H₂SO₄ 0,025N + KCl 0,05 N).

3.3. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi de blocos casualizados, com os tratamentos distribuídos em esquema fatorial 3 x 50 com 3 repetições, sendo os fatores, três níveis de calagem 0; 1,5 e 3,0 t/ha (equivalendo a uma saturação média de alumínio de 63,0; 12,5 e 3,5%, respectivamente) e 50 genótipos de soja, quadro 3. Cada parcela foi constituída por um vaso contendo uma planta.

3.4. Condução do experimento e características avaliadas

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras. A semeadura foi realizada em 11/11/78. Foram colocadas 4 sementes em cada vaso a 2 cm de profundidade, aproximadamente. Após a emergência das plântulas foi realizado o desbaste mantendo-se apenas uma plântula por vaso.

Os fertilizantes utilizados na preparação da solução nutritiva e suas respectivas dosagens encontram-se relacionados no quadro 4. Foram aplicados 100 ml da solução nutritiva por vaso, em quatro parcelamentos de 25 ml, com intervalos de 7 dias a partir da emergência das plântulas.

As irrigações foram realizadas diariamente procurando manter 60% dos poros do solo ocupados com água. O volume total de poros do solo foi estimado, segundo GROHMANN (16).

QUADRO 3. Genótipos de soja (Glycine max (L.) Merrill), avaliados em diferentes níveis de saturação de alumínio em solo sob vegetação de cerrado. ESAL - 1978/79.

Genótipos Avaliados

1. Pine Del Perfection	26. Campos Gerais
2. P I 180.445	27. Mineira
3. Barchet	28. UFV-1
4. P I 322.691	29. Andrews
5. P I 192.873	30. CNS-4
6. P I 200.493	31. Wilson Black
7. P I 229.358	32. Tanner
8. P I 157.413	33. P I 227.687
9. Biloxi	34. Biloxi Clara
10. P I 205.901	35. IAC-2
11. P I 171.451	36. UFV-2
12. P I 310.439	37. Paraná
13. P I 123.439	38. IAC-3
14. P I 174.852	39. BR-1
15. Palmetto	40. BR-3
16. Seminole	41. Mandarin
17. Improved Pelican	42. TK-5
18. Majos	43. UFV-76-5
19. Cherokee	44. Vx 5-281-5
20. P I 230.977	45. CES-4-14
21. Santa Maria	46. LO 75-28-15
22. La Green	47. Lilli
23. Pérola	48. Tainung-4
24. Santa Rosa	49. FC 30.267
25. Sant'Ana	50. P I 200.498

QUADRO 4. Fertilizantes e suas respectivas dosagens utilizados por planta, no ensaio de avaliação de genótipos de soja (Glycine max (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL - 1978/79.

Fertilizantes	Quantidade total por vaso (g)	Equivalente em ppm
$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	1,07	N = 80,9 S = 92,7
$(\text{NH}_4)\text{H}_2\text{PO}_4$	0,84	N = 36,5 P = 80,8
KCL	0,87	K = 162,9 Cl = 147,8
$\text{Mg SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,16	Mg = 5,6 S = 7,4
$\text{Zn SO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	0,06	Zn = 4,9 S = 2,4
$\text{Cu SO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	0,02	Cu = 1,8 S = 0,9
$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	0,01	Na = 0,2 B = 0,1
MoO_3	0,002	Mo = 0,5

As seguintes características foram consideradas por ocasião da tomada dos dados:

1. Comprimento da parte aérea - foi determinado do colo da planta até à extremidade da haste principal.

2. Comprimento do sistema radicular - foi determinado do colo da planta até à extremidade da raiz mais longa.

3. Matéria seca da parte aérea.

4. Matéria seca do sistema radicular.

5. Matéria seca total (Parte aérea + raízes).

Os pesos da matéria seca foram obtidos após a secagem em estufa, à temperatura de cerca de 60°C, até obter peso constante.

3.5. Índice de tolerância e análise estatístico-genética

Para a avaliação do índice de tolerância utilizou-se a expressão apresentada por LIMA; RAMALHO & MELO (22) ou seja:

$$IT_i = \frac{R_{i0}}{R_{i1}} \times \frac{R_{i0}}{\bar{R}_0}$$

onde:

IT_i : índice de tolerância do genótipo i ;

R_{i0} : comprimento ou matéria seca do genótipo i no solo com alta saturação de alumínio;

R_{i1} : comprimento ou matéria seca do genótipo i no solo com baixa saturação de alumínio;

\bar{R}_0 : comprimento médio ou matéria seca média dos cinquenta genótipos no solo com alta saturação de alumínio.

As análises da variância, para todas as características, foram realizadas empregando o seguinte modelo matemático:

$$Y_{ikj} = m + b_j + g_i + s_k + (gs)_{ik} + e_{ikj}$$

onde:

Y_{ikj} : é a observação feita no genótipo i , no nível de saturação de alumínio k , na repetição j .

m : média geral.

b_j : efeito da repetição j ($j = 1, 2$ e 3).

g_i : efeito do genótipo i ($i = 1, 2, 3, \dots, 50$).

s_k : efeito do nível de saturação de alumínio k ($k = 1, 2$ e 3).

$(gs)_{ik}$: efeito da interação do genótipo i no nível de saturação de alumínio k .

e_{ikj} : efeito da parcela $i k j$.

Considerando os efeitos dos genótipos e níveis de saturação de alumínio como fixos, foi elaborado o modelo da análise da variância, com as suas respectivas esperanças do quadrado médio, quadro 5.

QUADRO 5. Modelo da análise de variância, com as respectivas esperanças dos quadrados médios $|E(QM)|$ utilizado na análise dos dados obtidos na avaliação de genótipos de soja, (Glycine max (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL - 1978/79.

Fontes de Variação	G.L.	Q M	E (QM)
Blocos	2	QM_B	$\sigma^2 + 150 k^2$
Genótipos (G)	49	QM_G	$\sigma^2 + 9 k_G^2$
Saturação de Alumínio (S)	2	QM_S	$\sigma^2 + 150 k_S^2$
Interação G x S	98	QM_{GS}	$\sigma^2 + 3 k_{GS}^2$
Resíduo	298	QM_E	σ^2

QM_B, QM_G, \dots, QM_E : quadrados médios associados às fontes de variação.

k^2 : variância atribuída aos blocos.

k_G^2 : variância entre os genótipos previamente escolhidos.

k_S^2 : variância devido ao efeito dos níveis de saturação de alumínio.

k_{GS}^2 : variância devido a interação genótipos x níveis de saturação de alumínio.

σ^2 : variância do erro ambiental entre parcelas.

Visando estabelecer as correlações genéticas e fenotípicas entre os caracteres procedeu-se a análise de covariância, utilizando-se o procedimento sugerido por KEMPTHORNE (19), onde

foi realizada análise da soma dos caracteres, considerados dois a dois e a partir daí obtiveram-se as estimativas da covariância. O esquema da análise com as respectivas esperanças dos produtos médios está apresentada no quadro 6.

A partir dos resultados obtidos e baseando nas esperanças dos quadrados médios e produtos médios, quadro 5 e 6, foram obtidas de acordo com as expressões adaptadas de VENCOVSKY (43) e FALCONER (7) as seguintes estimativas.

a. Variância do erro

$$\sigma^2 = QM_E$$

b. Variância genética entre genótipos (modelos fixos)

$$K_G^2 = \frac{QM_G - QM_E}{9}$$

c. Coeficiente de variação genética (CVG%)

$$CVG(\%) = \sqrt{\frac{K_G^2}{\bar{X}}} \times 100$$

d. Covariância genética ($COV_{G(xy)}$)

$$COV_{G(xy)} = \frac{PM_{G(xy)} - PM_{E(xy)}}{9}$$

QUADRO 6. Modelo da análise de covariância com as respectivas esperanças dos produtos médios, utilizado na análise dos dados obtidos na avaliação de genótipos de soja, (Glycine max (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL - 1978/79.

Fatores de Variação	G.L.	$SP_{(xy)}$	$PM_{(xy)}$	$E(PM)$
Blocos	2			
Genótipos (G)	49	$1/2 [SQ_{G(u)} - SQ_{G(x)} - SQ_{G(y)}]$	$SP_{Gxy}/49$	$COV_{E(xy)} + 9 COV_{G(xy)}$
Saturação de Alumínio (S)	2	$1/2 [SQ_{S(u)} - SQ_{S(x)} - SQ_{S(y)}]$	$SP_{Sxy}/2$	$COV_{E(xy)} + 150 COV_{S(xy)}$
Interação G x S	98	$1/2 [SQ_{GS(u)} - SQ_{GS(x)} - SQ_{GS(y)}]$	$SP_{GSxy}/98$	$COV_{E(xy)} + 3 COV_{GS(xy)}$
Resíduo	298	$1/2 [SQ_{E(u)} - SQ_{E(y)}] - SQ_{E(xy)}$	$SP_{Fxy}/298$	$COV_{E(xy)}$

sendo:

x e y : caracteres em estudo;

u : x + y;

$SQ_{\left\{ \begin{matrix} x \\ y \end{matrix} \right\}}$: soma de quadrados para o caráter x;

$SQ_{\left\{ \begin{matrix} x \\ y \end{matrix} \right\}}$: soma de quadrados para o caráter y;

$COV_{L(xy)}$: covariância do erro ambiental entre parcelas;

$COV_{G(xy)}$: covariância genética entre as características dos genótipos previamente escolhidos;

$COV_{S(xy)}$: covariância devido ao efeito de saturação de alumínio;

$COV_{GS(xy)}$: covariância devido a interação genótipo x saturação de alumínio.

e. Correlações fenotípicas entre médias $|r_{\bar{F}(xy)}|$, correlações genéticas $|r_{G(xy)}|$ e correlações classificatórias de Spearman $|r|$, segundo CAMPOS (3).

$$r_{\bar{F}(xy)} = \frac{\text{COV}_{\bar{F}xy}}{\sqrt{k_{\bar{F}x}^2 \cdot k_{\bar{F}y}^2}} = \frac{\frac{PM_{G(xy)}}{9}}{\sqrt{\frac{QM_{Gx}}{9} \cdot \frac{QM_{Gy}}{9}}}$$

$$r_{G(xy)} = \frac{\text{COV}_{G(xy)}}{\sqrt{k_{Gx}^2 \cdot k_{Gy}^2}}$$

$$r = 1 - \frac{6 \sum_{i=1}^n (R_i - S_i)^2}{n(n^2 - 1)}$$

onde:

R_i e S_i : Classificações do genótipo i para as características consideradas;

n : número de pares ordenados.

4. RESULTADOS

4.1. Análises químicas das camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade após incubação com hidróxido de cálcio $Ca(OH)_2$

Os resultados das análises químicas das camadas de 0-20 e 20-40 cm de profundidade após a incubação com hidróxido de cálcio encontram-se apresentados no quadro 2.

Verifica-se que em cada tratamento, tanto a camada superficial (primeiros 20 cm) como a mais profunda (20-40 cm de profundidade), apresentam teores de alumínio trocável bastante semelhantes. O mesmo não se observa com relação aos teores de cálcio + magnésio, onde a camada superficial apresenta, principalmente no nível sem hidróxido de cálcio, valores mais elevados. constata-se também que, com a aplicação do hidróxido de cálcio, ocorreu uma redução nos níveis de alumínio trocável e evidentemente, aumento nos teores de cálcio + magnésio.

É oportuno salientar que a partir deste ponto os resultados serão apresentados em termos de níveis de saturação de alumínio, uma vez que o valor absoluto deste elemento não evidencia o alumínio trocável em relação ao cálcio, magnésio e potássio pre



1900

... das mudanças de 1900-1901 ...

... análise ...

... análise ...

... análise ...

... análise ...

... análise ...

sentos no solo.

O pH obtido com a aplicação de hidróxido de cálcio em dose equivalente a 3,0 t/ha encontra-se dentro da faixa considerada adequada para o desenvolvimento da cultura em solos sob vegetação de cerrado, segundo RAIJ et alii (37).

4.2. Parte aérea

As análises de variância dos dados obtidos para comprimento e matéria seca da parte aérea das plantas mostraram ser significativas para os efeitos de genótipos, saturação de alumínio e interação genótipos x saturação de alumínio, quadro 7. Considerando que cada parcela era constituída por apenas uma planta, a precisão com que foram estimadas estas características pode ser considerada boa, como pode ser observado pelos valores dos coeficientes de variação.

Independente do genótipo utilizado, os níveis de saturação de alumínio afetaram mais a produção de matéria seca do que o comprimento. Observa-se que o comprimento médio das plantas no nível de 63,0% de saturação de alumínio foi 81,46% do obtido para as plantas que desenvolveram em 3,5% de saturação, enquanto que para a matéria seca o valor correspondente foi de apenas 45,71%, quadro 8. A influência do nível de saturação de alumínio 3,5% em relação ao nível de 12,5% foi pequena para comprimento da parte aérea porém, significativa. Para a matéria seca produzida não houve efeito significativo entre os dois níveis de saturação de alumínio acima mencionados.

QUADRO 1. Resumo das análises de variância para o comprimento e matéria seca da parte aérea, do sistema radicular e matéria seca total (raízes + parte aérea) obtidas no ensaio de avaliação de genótipos de soja (Glycine max (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESNL - 1978/79.

Fatores de Variação	G.L.	Parte Aérea				Sistema Radicular		Total
		Comprimento	Matéria Seca	Comprimento	Matéria Seca	Comprimento	Matéria Seca	
		QM	QM	QM	QM	QM	QM	QM
Blocos	2	3.883,1875	4,8682	931,3750	5,7964	17,5020		
Genótipos (G)	49	1.184,5408**	6,2496**	155,2066**	1,6431**	13,1045**		
Saturação de Alumínio (S)	2	5.239,1250**	628,2788**	890,0000**	36,0854**	962,6348**		
Interação G x S	98	88,0625**	1,5049**	50,8928	0,2530	2,5834		
Resíduo	298	53,4585	0,9975	48,1028	0,2221	1,7589		
C.V. %		12,63	17,93	13,66	31,36	18,75		

** Significativo ao nível de 1% pelo teste de F.

O comprimento médio da parte aérea, independente do nível de saturação de alumínio, revelou uma amplitude total de 61,50 cm, sendo a maior estimativa (91,83 cm) do genótipo 'Pine Del Perfection' e a menor (30,33 cm) para o P I 171.451. Para a matéria seca esta amplitude foi de 4,07 g com o genótipo 'TK-5' mostrando a maior estimativa (7,38 g) e o 'Barchet' a menor (3,31g), quadro 8.

Foi estudado o efeito dos níveis de saturação de alumínio dentro de cada genótipo, quadro 9. Para o comprimento da parte aérea, somente quatorze dos cinquenta genótipos avaliados foram afetados pelos níveis de saturação de alumínio. Entretanto, para matéria seca, apenas dois genótipos, 'Barchet' e P I 229.358, não mostraram efeito significativo para saturação de alumínio.

Constata-se, no quadro 10, que para o comprimento da parte aérea, 48,0% dos genótipos mostraram índice de tolerância superior ao índice médio dos cinquenta genótipos avaliados, enquanto que para matéria seca produzida, o valor correspondente foi de 50,0%. Verifica-se também, para o comprimento da parte aérea, que o maior índice observado (1,3584) foi para o genótipo P I 192.873 e o menor (0,2118) para o P I 157.413. Para matéria seca observa-se o menor valor (0,0799) para o P I 157.413 e o maior (0,8925) para o genótipo 'TK-5'.

FIGURA 8. Resultados médios do comprimento e da matéria seca da parte aérea obtidos no ensaio de avaliação de genótipos de soja, (*Glycine max* (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL-1978/79.

Genótipos	Comprimento (cm)			Média Geral	Matéria Seca (g)			Média Geral
	63,00	12,50	3,50		63,00	12,50	3,50	
Dei Perfection	61,00	100,50	114,00	91,83	2,54	7,06	7,90	5,84
I 180.445	67,67	88,67	83,83	80,06	2,22	7,04	6,97	5,41
Archet	37,50	37,50	44,50	39,83	2,15	3,79	3,97	3,31
I 322.691	58,67	68,17	80,17	69,00	3,40	5,48	7,62	5,50
I 192.873	71,33	71,00	72,17	71,50	2,96	6,15	6,94	5,35
I 200.493	40,50	42,50	42,33	41,78	4,04	8,28	8,34	6,80
I 229.358	53,67	49,83	54,50	52,67	3,12	4,98	4,57	4,22
I 157.413	29,00	62,50	76,50	56,00	1,20	4,85	6,38	4,17
Loxi	61,50	58,17	65,83	61,83	4,61	7,49	8,43	6,84
I 205.901	38,50	44,83	49,17	44,17	2,48	5,56	6,91	4,99
I 171.451	26,83	32,83	31,33	30,33	3,26	7,09	4,72	5,02
I 310.439	42,33	46,00	50,17	46,17	3,64	8,06	9,21	6,97
I 123.439	58,67	72,00	74,50	68,39	2,72	5,73	6,87	5,11
I 174.852	64,50	65,67	81,33	70,50	3,05	6,93	8,65	6,21
Imetto	73,00	77,50	77,50	76,00	3,42	7,28	7,64	6,11
Minole	52,33	49,00	55,00	52,11	4,00	7,06	7,32	6,13
Improved Pelican	53,50	64,67	71,50	63,22	3,20	7,49	7,69	6,13
Joos	57,83	55,17	62,50	58,50	4,09	7,58	7,04	6,24
Brookee	38,50	53,33	54,50	48,78	2,50	6,96	7,29	5,58
I 230.977	45,67	47,17	59,17	50,67	4,25	7,42	9,17	6,94
Santa Maria	54,83	58,17	65,67	59,56	2,97	6,16	5,96	5,03
Green	54,17	66,50	72,17	64,28	2,70	6,37	8,57	5,88
Rola	55,27	57,50	66,67	59,81	3,04	7,76	7,42	6,07
Santa Rosa	52,00	62,00	62,50	58,83	3,67	6,81	7,71	6,06
Sant'Ana	51,33	61,67	64,67	59,22	2,41	6,06	5,72	4,73
Ampos Gerais	52,17	58,83	61,67	57,56	3,31	6,61	7,67	5,86
Beira	59,00	60,83	69,17	63,00	3,76	7,54	7,74	6,35
B-1	55,50	60,17	63,67	59,78	3,32	6,84	7,07	5,75
Brews	52,17	54,67	67,17	58,00	3,25	5,62	6,53	5,13
B-4	37,67	39,57	48,83	42,02	3,71	6,08	7,85	5,88
Brown Black	64,33	65,50	67,35	65,72	3,89	6,43	8,03	6,12
Binner	68,40	71,17	75,33	71,63	3,49	6,32	6,48	5,43
I 227.687	52,67	57,50	61,33	57,17	2,28	2,88	7,01	4,06
Loxi Clara	54,60	58,50	68,00	60,37	3,33	6,17	8,59	6,03
B-2	53,33	62,00	68,00	61,11	3,38	7,05	6,51	5,65
B-2	58,60	65,33	72,67	65,53	2,77	5,51	6,41	4,00
Caná	50,17	57,00	59,00	55,30	2,09	5,92	5,01	4,54
B-5	47,67	50,10	53,67	50,48	3,25	5,24	6,02	4,83
B-1	30,00	38,00	41,50	36,50	2,73	5,20	5,91	4,61
B-3	40,33	47,17	54,67	47,39	2,97	6,02	7,44	5,48
Bardin	44,50	51,00	55,33	50,28	3,65	6,22	6,64	5,50
B-5	61,17	63,83	65,00	63,33	4,91	8,90	8,33	7,38
B-76-5	46,83	56,67	67,00	56,83	3,22	4,43	6,01	4,55
B-281-5	51,83	60,33	63,50	58,56	3,49	6,01	7,58	5,69
B-4-14	43,17	54,83	56,33	51,44	2,81	6,23	6,38	5,14
B-75-28-15	51,00	58,17	64,83	58,00	3,48	5,21	6,19	4,96
B-11	70,83	66,17	74,33	70,44	3,70	6,90	7,26	5,96
B-4	57,50	63,00	67,67	62,72	4,00	7,83	9,53	6,78
B-30.267	60,00	54,83	61,17	58,67	3,80	6,39	7,68	5,96
B-200.498	31,83	36,00	46,83	38,22	3,50	4,85	7,55	5,30
Média Geral	51,91	58,08	63,72	57,90	3,25	6,86	7,11	5,57

9. Resumo do desdobramento da interação genótipos x níveis de saturação do alumínio, para o comprimento e matéria seca da parte aérea do sistema radicular e matéria seca total, obtidos no ensaio de avaliação de genótipos de soja, (*Glycine max* (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL - 1978 / 79.

Genótipo	Repl.	G.L.	Parte Aérea				Sistema Radicular				Matéria Seca Total	
			Comprimento		Matéria Seca		Comprimento		Matéria Seca		QM	F
			QM	F	QM	F	QM	F	QM	F		
o/genótipo 1	2	2275,75	42,6**	24,91	25,0**	617,03	12,8**	1,60	7,2**	38,95	22,2**	
o/genótipo 2	2	362,86	6,8**	22,92	23,0**	42,58	0,9	1,82	8,2**	34,80	19,8**	
o/genótipo 3	2	49,00	0,9	3,01	3,0	63,53	1,3	0,13	0,6	3,81	2,2	
o/genótipo 4	2	348,25	6,5**	13,36	13,4**	72,53	1,5	0,22	1,0	16,94	9,6**	
o/genótipo 5	2	1,08	0,1	13,29	13,3**	78,78	1,6	0,34	1,6	17,86	10,2**	
o/genótipo 6	2	3,70	0,1	18,22	18,3**	96,58	2,0	1,37	6,2**	29,45	16,8**	
o/genótipo 7	2	18,58	0,4	2,85	2,8	56,69	1,2	0,12	0,5	4,00	2,3	
o/genótipo 8	2	1787,25	33,4**	20,49	20,5**	183,08	3,8*	0,43	1,9	26,82	15,2**	
o/genótipo 9	2	44,33	0,8	11,90	11,9**	65,44	1,4	2,46	11,1**	25,18	14,3**	
o/genótipo 10	2	86,33	1,6	15,47	15,5**	7,19	0,2	1,31	5,9**	25,46	14,5**	
o/genótipo 11	2	29,25	0,6	11,19	11,2**	62,11	1,3	1,24	5,6**	19,08	10,8**	
o/genótipo 12	2	46,08	0,9	25,98	26,0**	15,17	0,3	2,09	9,4**	42,79	24,3**	
o/genótipo 13	2	217,36	4,1*	13,79	13,8**	64,33	1,3	0,58	2,6	19,57	11,1**	
o/genótipo 14	2	265,08	5,0**	24,69	24,8**	62,69	1,3	1,24	5,6**	36,80	20,9**	
o/genótipo 15	2	20,25	0,4	16,45	16,5**	17,69	0,4	1,61	7,2**	28,12	16,0**	
o/genótipo 16	2	27,11	0,5	10,25	10,3**	17,19	0,4	0,76	3,4*	16,57	9,4**	
o/genótipo 17	2	247,69	4,6*	19,27	19,3**	13,36	0,3	0,99	4,5*	28,69	16,3**	
o/genótipo 18	2	41,33	0,8	10,58	10,6**	59,55	1,2	2,11	9,5**	20,80	11,8**	
o/genótipo 19	2	238,69	4,5*	21,47	21,5**	290,53	6,0**	1,68	7,6**	35,12	20,0**	
o/genótipo 20	2	164,25	3,1*	18,63	18,7**	26,33	0,6	0,83	3,8*	27,30	15,5**	
o/genótipo 21	2	92,36	1,7	9,60	9,6**	37,03	0,8	0,76	3,4*	15,33	8,7**	
o/genótipo 22	2	254,11	4,8**	26,32	26,4**	30,58	0,6	1,64	7,4**	41,11	23,4**	
o/genótipo 23	2	109,48	2,0	20,78	20,8**	18,78	0,4	1,28	5,8**	31,94	18,2**	
o/genótipo 24	2	105,25	2,0	13,50	13,5**	49,36	1,0	0,93	4,2*	21,52	12,2**	
o/genótipo 25	2	146,78	2,8	12,19	12,2**	5,03	0,1	0,73	3,3*	17,15	9,8**	
o/genótipo 26	2	71,36	1,3	15,48	15,5**	128,53	2,7	0,57	2,6	21,99	12,5**	
o/genótipo 27	2	88,08	1,6	15,10	15,1**	32,03	0,7	0,86	3,9*	22,72	12,9**	
o/genótipo 28	2	50,36	0,9	13,25	13,3**	38,69	0,8	0,93	4,2*	21,21	12,1**	
o/genótipo 29	2	193,75	3,6*	8,61	8,6**	28,69	0,6	0,48	2,2	13,14	7,5**	
o/genótipo 30	2	107,09	2,0	12,92	13,0**	12,53	0,3	1,10	4,9**	21,54	12,2**	
o/genótipo 31	2	6,86	0,1	13,10	13,1**	49,69	1,0	1,06	4,8**	20,59	11,7**	
o/genótipo 32	2	36,54	0,7	8,52	8,5**	44,19	0,9	0,09	0,4	10,29	5,8**	
o/genótipo 33	2	56,58	1,1	19,89	19,9**	81,33	1,7	0,02	0,1	19,73	11,2**	
o/genótipo 34	2	142,51	2,7	20,77	20,8**	249,53	5,2**	1,30	5,8**	32,00	18,2**	
o/genótipo 35	2	163,11	3,0*	11,73	11,8**	50,36	1,0	1,13	5,1**	19,64	11,2**	
o/genótipo 36	2	148,49	2,8	10,81	10,8**	9,53	0,2	0,79	3,6*	17,44	9,9**	
o/genótipo 37	2	64,36	1,2	8,34	8,4**	134,36	2,8	0,63	2,8	13,40	7,6**	
o/genótipo 38	2	27,32	0,5	6,12	6,1**	73,08	1,5	0,60	2,7	10,45	5,9**	
o/genótipo 39	2	104,25	2,0	8,37	8,4**	87,58	1,8	0,50	2,2	12,71	7,2**	
o/genótipo 40	2	154,19	2,9	15,63	15,7**	6,58	0,1	1,33	6,0**	26,01	14,8**	
o/genótipo 41	2	89,19	1,7	7,85	7,9**	2,53	0,1	0,92	4,1*	13,56	7,7**	
o/genótipo 42	2	11,58	0,2	13,95	14,0**	52,69	1,1	0,90	4,1*	21,90	12,7**	
o/genótipo 43	2	305,08	5,7**	5,89	5,9**	7,58	0,2	0,06	0,3	7,08	4,0*	
o/genótipo 44	2	109,19	2,0	12,76	12,8**	9,36	0,2	1,03	4,6*	20,68	11,8**	
o/genótipo 45	2	155,86	2,9	12,28	12,3**	63,03	1,3	1,18	5,3**	21,07	12,0**	
o/genótipo 46	2	143,58	2,7	5,66	5,7**	17,36	0,4	0,26	1,2	8,08	4,0*	
o/genótipo 47	2	50,36	0,9	11,52	11,6**	9,75	0,2	1,18	5,3**	20,03	11,4**	
o/genótipo 48	2	77,69	1,4	17,81	17,9**	98,78	2,0	1,01	4,5*	27,27	15,6**	
o/genótipo 49	2	34,08	0,6	11,75	11,8**	20,11	0,4	1,00	4,5*	19,47	11,1**	
o/genótipo 50	2	379,86	3,4*	12,78	12,8**	22,58	0,5	1,25	5,6**	22,02	12,5**	
Resíduo		298	53,46	0,99		48,10		0,22		1,76		

Significativos ao nível de 5% e 1% de probabilidade.

QUADRO 10. Índices de tolerância obtidos no ensaio de avaliação de genótipos de soja, (*Glycine max* (L.) Merril), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL - 1978/79.

Genótipos	Parte Aérea		Sistema Radicular		Matéria Seca Total
	Comprimento	Matéria Seca	Comprimento	Matéria Seca	
Pine Del Perfection	0,6288	0,2521	0,4138	0,2000	0,2404
P I 180.445	1,0522	0,2177	0,6999	0,1692	0,2051
Barchet	0,6088	0,3596	0,6252	0,4921	0,3735
P I 322.691	0,8271	0,4670	0,9952	0,7194	0,5096
P I 192.873	1,3584	0,3897	0,9197	0,4855	0,4053
P I 200.493	0,7464	0,6032	0,8904	0,5558	0,5926
P I 229.358	1,0181	0,6571	0,8120	0,6364	0,6485
P I 157.413	0,2118	0,0799	0,6918	0,0719	0,0774
Biloxi	1,1068	0,7753	1,3825	0,9035	0,8027
P I 205.901	0,5808	0,2746	0,9282	0,3353	0,2880
P I 171.451	0,4427	0,6931	0,9323	0,9757	0,7266
P I 310.439	0,6882	0,4421	1,1765	0,5498	0,4654
P I 123.439	0,8900	0,3315	0,7890	0,2318	0,3092
P I 174.852	0,9854	0,3311	0,8552	0,2972	0,3232
Palmetto	1,3247	0,4702	0,8334	0,4172	0,4575
Seminole	0,9593	0,6718	1,1275	0,6647	0,6701
Improved Pelican	0,7712	0,4106	0,9937	0,2979	0,3851
Majos	1,0310	0,7311	1,3749	1,0833	0,8040
Cherokee	0,5240	0,2639	0,5481	0,2404	0,2586
P I 230.977	0,6790	0,6066	1,2813	1,0561	0,6963
Santa Maria	0,8821	0,4546	0,8256	0,5123	0,4651
La Green	0,7832	0,2626	0,9718	0,3477	0,2801
Pérola	0,8826	0,3832	0,9585	0,6106	0,4317
Santa Rosa	0,8335	0,5376	1,2985	0,5970	0,5504
Sant'Ana	0,7850	0,3124	0,9990	0,8965	0,4009
Campos Gerais	0,8502	0,4408	0,8060	0,7444	0,4997
Mineira	0,9696	0,5620	1,0938	0,7012	0,5922
UFV-1	0,9321	0,4807	0,8393	0,4893	0,4825
Andrews	0,7806	0,4980	0,8885	0,5795	0,5151
CNS-4	0,5597	0,5400	1,0360	0,7388	0,5833
Wilson Black	1,1842	0,5799	0,9325	0,8832	0,6423
Tanner	1,1964	0,5775	1,4218	1,0129	0,6579
P I 227.687	0,8713	0,2263	0,6934	0,4533	0,2400
Biloxi Clara	0,8446	0,3982	0,5655	0,5213	0,4235
IAC-2	0,8059	0,5416	0,8416	0,6530	0,5638
UFV-2	0,9104	0,3674	1,0150	0,3354	0,3602
Paraná	0,8218	0,4435	0,6646	0,5324	0,4610
IAC-3	0,8156	0,5393	0,6773	0,5134	0,5333
BR-1	0,4178	0,3873	0,7862	0,3611	0,3809
BR-3	0,5733	0,3651	1,0602	0,5123	0,3971
Mandarin	0,6894	0,6180	1,1435	0,7882	0,6542
TK-5	1,1089	0,8925	0,9436	0,6505	0,8382
UFV-76-5	0,6307	0,5300	1,0878	0,7430	0,5644
Vx 5-281-5	0,8151	0,4949	0,9857	0,3707	0,4664
CES-4-14	0,6372	0,3799	0,8915	0,2096	0,3386
LO 75-28-15	0,7729	0,6020	0,9422	0,5164	0,5819
Lilla	1,3004	0,5813	1,0058	0,3114	0,5169
Tainung-4	0,9413	0,5777	0,7983	0,4593	0,5512
FC 30.267	1,1339	0,5775	0,9544	0,8671	0,6397
P I 200.498	0,4168	0,4993	0,8234	0,4060	0,4776
Média	0,8316	0,4736	0,9244	0,5540	0,4866

4.3. Sistema radicular

As análises de variância para o comprimento e matéria seca do sistema radicular mostraram efeitos significativos para genótipos e saturação de alumínio, entretanto, o mesmo não se verificou para a interação genótipos x saturação de alumínio, quadro 7.

O comprimento do sistema radicular, independente do genótipo utilizado, mostrou pequena variação nos diferentes níveis de saturação de alumínio. Verifica-se que o comprimento médio do sistema radicular no nível de 63,0% de alumínio foi 90,93% do obtido para os genótipos que desenvolveram no ambiente de 3,5% de saturação de alumínio. Para a matéria seca produzida, o valor correspondente foi de apenas 51,93%. Para estas características, em relação aos níveis de 12,5% e 3,5% de alumínio, constata-se um efeito menos marcante, quadro 11.

Independente do nível de saturação de alumínio, o comprimento do sistema radicular, quadro 11, mostrou uma variação de 42,00 cm para P I 180.445 a 58,22 cm para o genótipo 'Mineira'. Para matéria seca ocorreram diferenças marcantes entre os genótipos avaliados. A menor estimativa foi de 0,55 g para P I 227.687 e a maior 2,73 g para o genótipo 'Biloxi'.

A interação genótipos x saturação de alumínio, embora não tenha mostrado efeito significativo, foi desdobrada. Constata-se que ocorreu resposta diferencial dos genótipos aos níveis de saturação de alumínio utilizados. Entre os cinquenta genótipos ava

ADRO 11. Resultados médios do comprimento e da matéria seca do sistema radicular obtidos no ensaio de avaliação de genótipos de soja, (*Glycine max* (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL - 1978/79.

Genótipos	Comprimento (cm)			Média Geral	Matéria Seca (g)			Média Geral
	63,00	12,50	3,50		63,00	12,50	3,50	
ne Del Perfection	35,83	49,33	64,50	49,89	0,59	1,86	1,84	1,43
I 180.445	39,50	40,17	46,33	42,00	0,38	1,92	0,93	1,08
archet	37,33	43,50	46,33	42,39	0,51	0,89	0,56	0,65
I 322.691	46,33	37,17	44,83	42,78	1,02	1,18	1,55	1,25
I 192.873	51,33	50,33	59,67	53,78	0,79	1,38	1,38	1,19
I 200.493	47,50	58,83	52,67	53,00	1,05	2,30	2,12	1,82
I 229.358	46,00	52,67	54,17	50,94	0,71	1,11	0,85	0,89
I 157.413	37,17	52,33	41,50	43,67	0,26	0,74	1,00	0,67
lloxi	59,00	61,33	52,33	57,56	1,70	3,09	3,40	2,73
I 205.901	47,33	47,67	50,17	48,39	0,82	1,43	2,14	1,46
I 171.451	43,83	51,17	42,83	45,94	0,80	1,86	0,70	1,12
I 310.439	54,17	56,33	51,83	54,11	1,19	2,51	2,73	2,14
I 123.439	44,50	43,83	52,17	46,83	0,56	0,87	1,43	0,95
I 174.852	48,00	55,83	56,00	53,28	0,73	1,76	1,91	1,47
almetto	43,33	42,17	46,83	44,11	0,97	1,98	2,39	1,78
eminole	52,17	54,93	50,17	52,42	1,11	1,98	1,99	1,69
mpoved Pelicar.	51,67	53,17	55,83	53,56	0,72	1,49	1,84	1,35
eijos	59,77	51,00	54,00	54,92	1,44	3,09	2,03	2,19
erokae	39,50	50,00	59,17	49,56	0,66	1,96	1,95	1,53
I 230.977	55,33	54,00	49,67	53,00	1,61	2,36	2,63	2,20
anta Maria	45,67	47,67	52,50	48,61	0,81	1,82	1,37	1,33
a Green	52,00	52,67	57,83	54,17	0,87	1,84	2,32	1,68
érola	50,67	53,33	55,67	53,22	1,18	2,13	2,43	1,91
anta Rosa	59,50	51,50	56,67	55,89	1,09	1,95	2,14	1,73
ant'Ana	49,83	52,33	51,67	51,28	0,99	1,92	1,17	1,36
empos Gereia	47,83	59,33	59,00	55,39	1,19	1,81	2,03	1,68
ineira	55,17	61,67	57,83	58,22	1,23	1,87	2,29	1,80
IFV-1	46,33	47,83	53,17	49,11	0,94	1,89	1,91	1,58
ndrews	46,00	52,17	49,50	49,22	0,98	1,52	1,76	1,42
NS-4	52,83	52,17	56,00	53,67	1,32	2,07	2,52	1,97
Wilson Black	51,67	53,67	59,50	54,94	1,39	2,49	2,32	2,07
enner	59,83	54,67	52,33	55,61	1,22	1,43	1,58	1,41
I 227.687	40,50	39,83	49,17	43,17	0,47	0,65	0,52	0,55
lloxi Clara	39,67	50,17	57,83	49,22	1,06	2,06	2,30	1,81
AC-2	46,83	47,33	54,17	49,44	1,00	2,22	1,62	1,61
IFV-2	49,00	52,17	49,17	50,11	0,74	1,46	1,73	1,31
Paraná	42,00	50,67	55,17	49,28	0,78	1,70	1,23	1,24
AC-3	40,50	46,17	50,33	45,67	0,94	1,38	1,84	1,39
IR-1	46,50	53,33	57,17	52,33	0,67	1,42	1,31	1,13
IR-3	50,33	47,50	49,67	49,17	1,07	1,83	2,40	1,77
mandarin	56,00	55,17	57,00	56,06	1,19	2,27	1,91	1,79
FK-5	51,17	59,00	57,67	55,94	1,06	2,12	1,84	1,67
IFV-76-5	52,17	49,33	52,00	51,17	0,90	0,95	1,16	1,00
lx 5-281-5	49,50	48,17	51,67	49,78	0,83	1,23	1,98	1,35
ES-4-14	47,00	56,17	51,50	51,56	0,58	1,63	1,69	1,30
LO 75-28-15	45,33	49,50	45,33	46,72	0,78	1,33	1,25	1,12
Lilli	51,67	54,17	55,17	53,67	0,72	1,83	1,79	1,45
Tainung-4	47,33	55,67	58,33	53,78	0,92	1,87	1,97	1,59
F C 30.267	49,33	54,33	53,00	52,22	1,42	2,33	2,49	2,03
D I 200.498	43,83	48,67	48,50	47,00	0,91	1,33	2,18	1,47
Média Geral	48,11	51,24	52,91	50,75	0,94	1,76	1,81	1,50

liados, apenas quatro apresentaram resposta significativa aos níveis de alumínio para o comprimento do sistema radicular. Entretanto trinta e cinco mostraram efeito significativo para matéria seca, quadro 9.

Observa-se no quadro 10, que 52,0% dos genótipos apresentaram valores de índice de tolerância superiores ao índice médio dos cinquenta genótipos, para comprimento do sistema radicular, entretanto, para matéria seca, 44,0% mostraram valor acima do índice médio dos genótipos avaliados. O maior índice de tolerância para comprimento do sistema radicular (1,4218) foi observado para o genótipo 'Tanner' e o menor (0,4138) para o 'Pine Del Perfection', enquanto que para matéria seca o genótipo 'Majos' revelou maior valor (1,0833) e o menor (0,0719) foi verificado para P I 157.413.

4.4. Matéria seca total

O resultado da análise de variância para esta característica revelou efeito significativo para genótipos e saturação de alumínio, enquanto que a sua interação não mostrou diferença significativa, quadro 7.

O efeito da saturação de alumínio na produção de matéria seca total foi marcante. Constata-se, quadro 12, que a matéria seca total, independente do genótipo utilizado, no ambiente de 63,0% de saturação de alumínio, foi 46,97% do obtido para os genótipos que desenvolveram no ambiente de 3,5%. Para 12,5% de saturação de alumínio o efeito deste elemento no nível da matéria seca das

plantas foi menos acentuado quando comparado com 3,5% de alumínio.

A matéria seca total, independente do nível de saturação de alumínio, mostrou diferença acentuada entre os genótipos com variação de 3,96 g para o genótipo 'Barchet' a 9,57 g para o 'Biloxi', quadro 12. Convém salientar que o genótipo 'Biloxi', foi o que apresentou também maior valor para matéria seca do sistema radicular.

Verifica-se que a interação genótipos x saturação de alumínio, mesmo não tendo mostrado efeito significativo, foi desdobrada e revelou a ocorrência de resposta diferencial ao alumínio entre os genótipos avaliados. Observa-se que apenas os genótipos 'Barchet' e P I 229.358 não mostraram efeito significativo, quadro 9.

O índice de tolerância médio dos cinquenta genótipos avaliados, quadro 10, foi de 0,4866. Constata-se que 48,0% dos genótipos mostraram índice de tolerância superior ao índice médio. Observa-se também que a variação foi de 0,0774 para o P I 157.413 a 0,8382 para o genótipo 'TK-5'.

4.5. Estimativas de parâmetros genéticos, fenotípicos e correlações.

As estimativas da variância genética e dos coeficientes de variação genética estão apresentadas no quadro 13. Constata-se que o maior coeficiente de variação genética ocorreu para a matéria seca do sistema radicular e o menor, para o seu comprimento. De um modo geral, pode-se considerar que existe variação genéti-

Resultados médios de matéria seca total (raízes + parte aérea), obtidos no ensaio de avaliação de genótipos de soja, (*Glycine max* (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAU 1978/79.

Genótipos	Saturação de Alumínio - %			Média Geral
	63,00	12,50	3,50	
Pine Del Perfection	3,13	8,93	9,74	7,26
P I 180.445	2,60	8,96	7,90	6,49
Marchet	2,66	4,69	4,53	3,96
P I 322.691	4,42	6,66	9,17	6,75
P I 192.873	3,76	7,54	8,32	6,54
P I 200.493	5,09	10,58	10,46	8,71
P I 229.358	3,84	6,08	5,42	5,11
P I 157.413	1,55	5,59	7,38	4,84
Biloxi	6,30	10,58	11,83	9,57
P I 205.901	3,30	6,99	9,05	6,45
P I 171.451	4,06	8,95	5,42	6,14
P I 310.439	4,82	10,57	11,94	9,11
P I 123.439	3,28	6,60	8,30	6,06
P I 174.852	3,78	8,69	10,56	7,68
Palmetto	4,38	9,25	10,03	7,89
Reminole	5,11	9,04	9,31	7,82
Improved Pelican	3,92	8,98	9,53	7,48
La Joe	5,53	10,67	9,07	8,42
Sherokee	3,16	8,92	9,24	7,11
P I 230.977	5,86	9,78	11,80	9,15
Santa Maria	3,78	7,98	7,33	6,36
La Green	3,57	8,21	10,89	7,56
Érole	4,22	9,89	9,86	7,99
Santa Rosa	4,76	8,76	9,85	7,79
Sant'Ana	3,40	7,98	6,90	6,09
Campos Gerais	4,50	8,43	9,70	7,54
Lineira	4,99	9,41	10,03	8,14
FV-1	4,26	8,73	8,99	7,33
Andrews	4,23	7,14	8,29	6,55
NS-4	5,03	8,15	10,36	7,85
Wilson Black	5,28	8,93	10,36	8,19
anner	4,71	7,76	8,06	6,84
P I 227.687	2,75	3,53	7,53	4,60
Biloxi Clara	4,39	8,23	10,89	7,84
AC-2	4,38	9,27	8,13	7,26
FV-2	3,50	6,97	8,14	6,20
Arará	3,47	7,62	6,24	5,78
AC-3	4,19	6,62	7,85	6,22
R-1	3,39	6,62	7,22	5,74
R-3	4,04	7,85	9,84	7,24
Andarim	4,84	8,49	8,54	7,29
K-5	5,97	11,02	10,17	9,05
FV-5	4,12	5,38	7,17	5,56
K 5-281-5	4,32	7,24	9,56	7,04
ES-4-4	3,38	7,86	8,08	6,44
J 75-28-15	4,26	6,54	7,44	6,08
illi	4,43	8,73	9,06	7,40
Binung-4	4,92	9,70	10,49	8,37
C 30.267	5,22	8,72	10,18	8,04
P I 200.498	4,41	6,18	9,73	6,77
Média Geral	4,19	8,12	8,92	7,07

QUADRO 13. Estimativas da variância e coeficiente de variação genética para as características dos genótipos de soja (Glycine max (L.) Merrill), avaliados em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL - 1978/79.

Estimativas	Parte Aérea		Sistema Radicular		Matéria Seca
	Comprimento	Matéria Seca	Comprimento	Matéria Seca	Total
Variância Genética (K_G^2)*	125,6758	0,5836	11,9004	0,1579	1,2606
Coeficiente de Variação Genética (CVG%)	19,36	13,71	6,80	26,49	15,88

$$* K_G^2 = \frac{\sum_{i=1}^n G_i^2}{n - 1}$$

ca entre os genótipos testados em todas as características con
si
deradas.

As estimativas das correlações genéticas, fenotípicas e de Spearman encontram-se apresentadas no quadro 14. As correlações genéticas e fenotípicas, para uma mesma característica, a apresentaram valores similares. Observa-se, ainda, que existe uma forte associação entre a matéria seca do sistema radicular e matéria seca da parte aérea, porém as correlações entre matéria se
ca do sistema radicular x comprimento da parte aérea, matéria se
ca do sistema radicular x comprimento do sistema radicular e com
pr
imento da parte aérea x matéria seca da parte aérea, são bai -
xas. Verifica-se que, as estimativas das correlações de Spearman envolvendo a matéria seca total foram altas.

QUADRO 14. Estimativas das correlações genéticas, fenotípicas e de Spearman entre as diversas características estudadas na avaliação de genótipos de soja (Glycine max (L.) Merrill), em diferentes níveis de saturação de alumínio. ESAL - 1978/79.

Características	Estimativas das Correlações		
	Genéticas	Fenotípicas	Spearman
MSSR x CPA	- 0,0052	0,0143	0,1865
MSSR x MSPA	0,8552	0,8131**	0,6929**
MSSR x CSR	0,7712	0,3648*	0,5591**
MSSR x MST	0,9357	0,9154**	0,8277**
CPA x MSPA	0,2224	0,2269	0,2965*
CPA x CSR	0,0544	0,0519	0,1739
CPA x MST	0,1497	0,1619	0,2875*
MSPA x CSR	0,7646	0,6235**	0,4831**
MSPA x MST	0,9832	0,9787**	0,9723**
CSR x MST	0,7938	0,6602**	0,5491**

MSSR - Matéria seca do sistema radicular

CPA - Comprimento da parte aérea

MSPA - Matéria seca da parte aérea

CSR - Comprimento do sistema radicular

MST - Matéria seca total (raízes + parte aérea)

*,** - Significativos ao nível de 5 e 1%, respectivamente.

5. DISCUSSÃO

Até recentemente, o conhecimento da diferença de adaptação das plantas aos diferentes solos era pouco conhecido e estudado. Entretanto, agora, está claro que certos genótipos de plantas respondem às características e propriedades dos solos nos quais foram selecionados. FOY (10) relata que um dos maiores problemas encontrados na seleção de plantas adaptadas ou tolerantes ao alumínio nos solos, é encontrar pH ou níveis de alumínio que possam produzir uma notável redução no desenvolvimento da maioria dos genótipos mais sensíveis, mas não inibir completamente o desenvolvimento daqueles mais tolerantes a este elemento tóxico.

O solo sob vegetação de cerrado selecionado para realização do ensaio mostrou valores de pH bastante semelhantes, quadro 2, aos de outros experimentos, ARMIGER et alii (2) e RAID et alii (37). Entretanto, embora o nível médio de saturação de alumínio revelado por este solo (63,0%) tenha sido inferior ao utilizado (81,0%) por SARTAIN & KAMPRATH (39 e 41), foi suficiente para promover diferenças marcantes entre os genótipos avaliados para todas as características consideradas, quadros 8, 11 e 12 e está acima do valor mediano (59,0%) de saturação de alumínio em

contrado por LOPES (25), para os solos brasileiros sob vegetação de cerrado. Com base nestes níveis (59,0 e 63,0%) é de se esperar que os genótipos que mais se destacaram no presente estudo tenham bom comportamento na maioria dos solos de cerrado amostrados pelo referido pesquisador.

Outro aspecto com relação ao solo é sobre os níveis de alumínio adotados. Vários critérios podem ser utilizados para mencionar o alumínio como presente no substrato a nível tóxico, OL MOS & CAMARGOS (35), sendo que o de maior aceitação na atualidade é o da relação existente entre o alumínio e as bases permutáveis, denominada de saturação com alumínio. MUZILLI & KALCKMANN (31) estabeleceram limites críticos, destinados ao julgamento de um solo quanto ao seu conteúdo de alumínio, como: baixo 5%; médio, 5 a 45% e alto, acima de 45% de saturação de alumínio. Para o ajustamento dos níveis, no presente ensaio, foi utilizado doses crescentes de corretivo e verificou-se que as doses de 3,0 e 1,5 t/ha, normalmente recomendadas para os solos de cerrado, foram suficientes para colocar o solo dentro dos limites estabelecidos por MUZILLI & KALCKMANN (31), correspondendo respectivamente a 3,5 e 12,5% de saturação de alumínio.

Por outro lado, deve-se ressaltar que, apesar de ter escolhido três níveis de saturação de alumínio para condução do experimento, apenas dois, 3,5 e 63,0% foram utilizados para avaliação da tolerância dos genótipos de soja ao alumínio, porque as maiores variações foram observadas entre os valores extremos. No entanto, a inclusão do nível intermediário (12,5%) revelou uma informação de importância, pois os genótipos que desenvolveram

neste ambiente e aqueles mesmos genótipos no nível de 3,5% de saturação de alumínio, praticamente não diferiram para todas as características avaliadas, quadros 8, 11 e 12. De acordo com os resultados observados pode-se verificar que no solo de cerrado em estudo, possivelmente não há necessidade de reduzir o alumínio a níveis tão baixos como 3,5% para obter rendimentos similares.

A metodologia utilizada no ensaio mostrou ser bastante eficiente e de baixo custo. O uso de saco plástico revestindo a parede interna do recipiente revelou ser um bom procedimento, permitindo que o bloco de terra fosse retirado intacto e, com auxílio de um jato d'água, foi possível obter o sistema radicular com perdas insignificantes de raízes. Além disto, o uso da betoneira como maneira de proceder a mistura do corretivo com a terra para o ajustamento dos níveis de alumínio desejáveis, permitiu uma mistura homogênea, com um desvio padrão médio de apenas $\pm 0,0307$ para o nível de alumínio trocável.

O tempo necessário de condução dos ensaios para detectar diferenças significativas entre os genótipos em relação ao alumínio tóxico é muito variado. ARMIGER et alii (2) em seus experimentos com soja, conduziram o primeiro por um período de 63 dias e o segundo por 43 dias. Por outro lado, SARTAIN & KAMPRATH (39) conduziram um ensaio por 75 dias. No presente caso, os dados foram coletados com 40 dias. Este período foi suficiente, porque permitiu que fosse detectadas diferenças marcantes entre os genótipos testados. Ainda observou-se, no momento de avaliação, que as plantas apresentavam um bom desenvolvimento vegetativo, prin-

principalmente nos tratamentos com baixo nível de saturação de alumínio. Muito provavelmente o retardamento na tomada dos dados poderia acarretar alguns problemas na condução do ensaio, já que o manuseio das plantas excessivamente desenvolvidas seria difícil, acarretando alguns danos às mesmas.

A adubação utilizada também parece ter sido adequada, haja visto que proporcionou um ótimo desenvolvimento nas plantas. É conveniente salientar que foi utilizada quantidade de fósforo inferior ao normalmente recomendado, pois este elemento pode formar com alumínio, segundo FOY (10), fosfato de alumínio, o qual não apresenta efeito tóxico às plantas. O fornecimento de fósforo, de acordo com a dosagem recomendada, poderia proporcionar a formação de maior quantidade deste composto, minimizando o efeito do alumínio tóxico. Este procedimento, possivelmente, tenha sido correto, pois há evidência de que plantas tolerantes ao alumínio são capazes de utilizar fósforo, mesmo quando este encontra-se no substrato, em baixos níveis, FOY (8).

Outro aspecto de importância que deve ser mencionado sobre a adubação é a utilização de fonte de nitrogênio. Mesmo tratando-se de uma leguminosa é recomendável a utilização deste nutriente no substrato para evitar as possíveis interferências existentes na fixação do nitrogênio atmosférico, FOY (8). Esta recomendação é perfeitamente justificável, pois de acordo com DOBEREINER & ARRUDA (5) os genótipos de soja apresentam diferentes capacidade de nodulação o que possivelmente poderia prejudicar os resultados do trabalho.

As correlações genéticas e fenotípicas mostraram valores bastante semelhantes, quadro 14, indicando que grande parte do interrelacionamento fenotípico foi devido a causas genéticas. Foi constatado, também, que as correlações entre a matéria seca do sistema radicular x comprimento da parte aérea, matéria seca do sistema radicular x comprimento do sistema radicular e comprimento da parte aérea x matéria seca da parte aérea, foram baixas. Isso, talvez, seja devido ao fato da existência de erros associados às medidas dos comprimentos, uma vez que as raízes e ramos laterais não foram considerados. A ocorrência de altos valores para as correlações envolvendo a matéria seca total, mostra que esta característica é a mais representativa. Em função deste fato, optou-se pela discussão dos resultados, utilizando apenas a matéria seca total.

Na literatura não há concordância a respeito do critério mais eficiente para julgar a tolerância de genótipos de plantas. ARMIGER et alii (2) utilizaram o crescimento absoluto (peso seco) da parte aérea e raízes, enquanto que no trabalho realizado por SARTAIN & KAMPRAH (41), utilizaram como critério para avaliar a tolerância, o crescimento relativo do genótipo nos dois níveis de saturação de alumínio. FOY (10) enfatiza que o crescimento relativo é necessário, quando são comparados genótipos que diferem amplamente no hábito de crescimento. Como isso ocorria no presente ensaio, a medida absoluta do caráter não foi considerada como indicadora da tolerância, dando-se preferência ao seu valor relativo acrescido de um fator de correção o qual vai permitir, àqueles genótipos com produção média de matéria seca total acima de

média dos cinquenta genótipos, no nível com alta saturação de a lumínio, manifestar sua tolerância, enquanto os que apresentaram uma produção média abaixo daquela média não terão oportunidade de revelar sua tolerância, conforme salientam LIMA; RAMALHO & MELO (22).

Foi observado, quadro 10, que o índice de tolerância médio para matéria seca total foi de $0,4866 \pm 0,1642$. As cultivares atualmente recomendadas por ARANTES & SEDIYAMA (1) para os solos sob vegetação de cerrado nas condições de Minas Gerais apresentaram os seguintes índices de tolerância: 'IAC-2' (0,5638), 'Santa Rosa' (0,5504), 'UFV-1' (0,4825), 'Paraná' (0,4610) e 'UFV-2' (0,3602). Observa-se que apenas as cultivares 'IAC-2' e 'Santa Rosa' apresentam valores acima do índice médio dos genótipos estudados. Estes resultados comprovam a afirmação dos referidos pesquisadores que recomendam estas cultivares para solos de cerrado de primeiro e segundo ano de cultivo e as demais, que mostraram índice de tolerância abaixo da média, para solos de alta fertilidade.

Entretanto, genótipos ainda não recomendados para condições de cerrado mostraram elevado grau de tolerância ao alumínio. 'TK-5', 'Majos' e 'Biloxi' apresentaram uma estimativa do índice de tolerância mais de um e meio desvios padrões acima da média, podendo, com base nestes resultados, serem considerados como os mais tolerantes ao alumínio em solo sob vegetação de cerrado. Convém salientar ainda que o genótipo 'Biloxi' foi o que produziu maior quantidade de matéria seca total (9,37 g) entre os genótipos avaliados no presente ensaio, quadro 12. Por outro lado,

P I 157.413 e P I 180.445 revelaram uma estimativa do índice de tolerância mais de um e meio desvios padrões abaixo da média, podem ser considerados como os genótipos mais susceptíveis ao efeito do alumínio tóxico, presente no solo em estudo.

Os resultados evidenciaram a existência de genótipos com ótimas perspectivas para uso direto em solos de cerrado ou para participarem dos programas de melhoramento para estas condições.



6. CONCLUSÕES

Nas condições em que foi realizado este ensaio, as seguintes conclusões puderam ser obtidas:

a. A metodologia utilizada mostrou ser bastante eficiente e promissora para ensaios em casa de vegetação.

b. Os genótipos de soja avaliados apresentaram diferenças de comportamento em relação aos níveis de saturação de alumínio para todas as características consideradas.

c. A característica que mostrou ser mais eficiente para avaliar a tolerância a toxidez de alumínio em soja (Glycine max (L.) Merrill), foi a matéria seca total (raízes + parte aérea).

d. Os genótipos 'TK-5', 'Majos' e 'Biloxi' foram os mais tolerantes a alta saturação de alumínio, enquanto que, P I 157.413 e P I 180.445 foram os mais sensíveis.



7. RESUMO

Este trabalho foi desenvolvido com os objetivos de avaliar uma metodologia de estudo da tolerância de plantas às condições de solo sob vegetação de cerrado e identificar genótipos de soja, (Glycine max (L.) Merrill), tolerantes a níveis de saturação de alumínio.

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Departamento de Ciência do Solo, da Escola Superior de Agricultura de Lavras. O solo sob vegetação de cerrado utilizado, foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico textura argilosa.

O delineamento experimental adotado foi o de blocos casualizados com os tratamentos distribuídos segundo um esquema fatorial 3 x 50, com três repetições, sendo três níveis de saturação de alumínio (3,5; 12,5 e 63,0%) e cinquenta genótipos de soja.

Os vasos utilizados foram confeccionados com recipientes vazios de óleos lubrificantes e possuíam cerca de 40 cm de altura e 9 cm de diâmetro, cujas paredes internas revestidas por

um saco plástico de diâmetro semelhante ao do recipiente. Cada vaso continha 2,8 kg de terra, sendo 1,4 kg correspondente à camada de 20 a 40 cm de profundidade e 1,4 kg aos 20 cm superficiais.

As plantas de soja, 40 dias após a semeadura, foram medidas e cortadas rente ao solo, ocasião em que apresentavam um desenvolvimento satisfatório, mostrando diferenças marcantes entre os genótipos avaliados. A separação do sistema radicular e solo foi realizada com auxílio de um jato d'água, utilizando-se uma peneira sob o bloco de terra, o que permitiu perdas insignificantes de raízes. Toda esta metodologia proposta mostrou ser bastante promissora para ensaios em casa de vegetação.

Foram avaliadas as seguintes características: comprimento e matéria seca, da parte aérea e do sistema radicular e matéria seca total (raízes + parte aérea). Das características avaliadas, a matéria seca total mostrou ser mais eficiente para avaliar a tolerância a toxidez de alumínio em soja.

Baseado no índice de tolerância utilizado, neste trabalho, verificou-se que os genótipos 'TK-5', 'Majos' e 'Biloxi' apresentaram maior tolerância a alta saturação de alumínio, enquanto que, P I 157.413 e P I 180.445 foram os mais sensíveis.

8. SUMMARY

This work was developed with the objective of appraising a methodology for studying the tolerance of plants to the conditions of soil under "cerrado" vegetation and to identify genotypes of soybean, (Glycine max (L.) Merrill), having tolerance for saturation levels of aluminium.

The experiment was made in a greenhouse at the Science of Soils Department, Escola Superior de Agricultura de Lavras. The soil under "cerrado" vegetation which was used was classified as Red Yellow Distrophic Latosol Clayey.

The experimental design used was randomized complete blocks with the treatments arranged according to a factorial plan 3x50, with three repetitions. There were three levels of aluminium saturation (3.5; 12.5 and 63.0%) and fifty soybean genotypes.

The pots used were made of empty lubricant oil containers about 40 cm high and 9 cm in diameter, lined internally with plastic bags of the same diameter. Each pot contained 2.8 kg of earth, with 1.4 kg corresponding to the layer 20 to 40 cm in depth and 1.4 kg to the surface 20 cm.

40 days after sowing, when the plants showed satisfactory development with remarkable differences between the genotypes studied, they were measured and cut off at soil level. Separation of root system and was made with a spray of water. A sieve was placed under the clod of earth, thus loss of roots was insignificant. All this methodology proposed was shown to be very promising for experiments in greenhouses.

The following characteristics were appraised: length and dry matter of aerial part and root system and total dry matter (roots + aerial part). Of the characteristics appraised, total dry matter was shown to be more efficient in appraising tolerance of soybean to toxicity of aluminium.

Based on the rate of tolerance used, it was verified in this work that the genotypes "TK-5", "Majos" and "Biloxi" showed higher tolerance to high aluminium saturation, and P I 157.413 and P I 180.445 were the most sensitive.

9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ARANTES, N.E. & SEDIYAMA, T. Cultivares ou variedades. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, 4(43):21-3, jul. 1978.
2. ARMIGER, W.H. et alii. Differential tolerance of soybean varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. Agonomy Journal, Madison, 60(1):67-70, Jan./Feb. 1968.
3. CAMPOS, H. de. Testes de correlação. In: _____. Estatística experimental não-paramétrica. 3.ed., Piracicaba, USP, 1979. - cap. 6, p.177-94.
4. CLARKSON, D.T. Effect of aluminum on the uptake and metabolism of phosphorus by barley seedlings. Plant Physiology, Lancaster, 41(1):165-72, Jan. 1966.
5. DOBEREINER, J. & ARRUDA, N.B. de. Interrelação entre variedades e nutrição na nodulação e simbiose da soja (Glycine max (L.) Merrill). Pesquisa Agropecuária Brasileira, Rio de Janeiro, 2:475-87, 1967.

6. ERICO, E.G. et alii. Relação entre toxidez de alumínio, desenvolvimento de raízes, absorção de água e produção de milho num oxissol (Latossol Vermelho Escuro) do Distrito Federal. Ciência e Cultura, São Paulo, 28(2):181-2, fev. 1976.
7. FALCONER, D.S. Introduction to quantitative genetics. London, Longman, 1976. 365p.
8. FOY, C.D. Differential aluminum and manganese tolerances of plant species and varieties in acid soils. Ciência e Cultura, São Paulo, 28(2):150-5, Fev. 1976.
9. _____. Effects of aluminum on plant growth. In: CARSON, E.W. The plant root and its environment. Charlottesville, University Press of Virginia, 1974. p.601-42.
10. _____. General principles involved in screening plants for aluminum and manganese tolerance. In: WRIGHT, M.J. Plant Adaptation to Mineral Stress in Problem Soils. Ithaca, New York, 1976. p.255-67.
11. _____. & BROWN, J.C. Toxic factors in acid soils. II. Differential aluminum tolerance of plant species. Soil Science Society of American Proceedings, Madison, 28(1):27-32, Jan./Feb. 1964.

631 8

WC 1

50

18 522

12. FOY, C.D. et alii. Aluminum tolerance of soybean varieties in relation to calcium nutrition. Agronomy Journal, Madison, 61(4):505-11, July/Aug. 1969.
13. _____ et alii. Differential aluminum tolerance in two soybean varieties. Agronomy Journal, Madison, 64(6):815-18, Nov./Dec. 1972.
14. _____ et alii. Differential tolerance of dry bean, snap bean, and lima bean varieties to an acid soil high in exchangeable aluminum. Agronomy Journal, Madison, 59(6):561-3, Nov./Dec. 1967.
15. GOODLAND, R. & FERRI, M.G. Ecologia do cerrado. Trad. Eugênio Amado. Belo Horizonte, Ed. Itatiaia, 1979. 193p. Original inglês.
16. GROHMANN, F. Porosidade. In: MONIZ, Antônio C. et alii. Elementos de pedologia. São Paulo, Polígono, 1972. cap. 6, p.77-84.
17. HIAT, A.J. et alii. Effect of aluminum on copper sorption by wheat. Agronomy Journal, Madison, 55(3):284-7, May/june. 1963.
18. JACKSON, M.L. Aluminum bonding in soils. A unifying principle in soil science. Soil Science Society of American Proceedings, Madison, 27(1):1-10, Jan./Feb. 1963.

19. KEMPTHORNE, O. An introduction to genetic statistics. New York, John Wile & Sons, 1966. 545p.
20. LAFEVER, H.N. et alii. Differential response of wheat cultivars to Al. Agronomy Journal, Madison, 69(4):565-8, July/Aug. 1977.
21. LEE, C.R. Influence of aluminum on plant growth and tuber yield of potatoes. Agronomy Journal, Madison, 63(3):363-4, May/June. 1971.
22. LIMA, P.C.; RAMALHO, M.A.P. & MELO, Benjamin de. Comparações entre métodos estatísticos utilizados para avaliar a tolerância a toxicidade do alumínio. In: CONFERÊNCIA INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 10., Guarujá, 1979. Resumos... Guarujá, Região Brasileira da Sociedade Internacional de Biometria, 1979. p.106.
23. LONG, F.L. & FOY, D.C. Plant varieties as indicators of aluminum toxicity in the A₂ horizon of a norfolk soil. Agronomy Journal, Madison, 62(5):679-81, Sept./Oct. 1970.
24. LOPES, A.S. Available water, phosphorus fixation, and zinc levels in Brazilian cerrado soils in relation to their physical, chemical, and mineralogical properties. Raleigh, NCSU, Department of Soil Science, 1977. 189p. (Tese de PhD).

25. LOPES, A.S. Características químicas e físicas dos solos sob vegetação de cerrado e suas implicações no manejo racional para produção agrícola. Lavras, ESAL, 1978. 46p. (Mimeografado).
26. MACLEOD, D.B. & JACKSON, L.P. Aluminum tolerance of two barley varieties in nutrient solution, peat, and soil culture. Agronomy Journal, Madison, 59(4):359-63, July/Aug. 1967.
27. MALAVOLTA, E. O cálcio e a acidez do solo. In: _____. Manual de química agrícola. São Paulo, Ceres, 1976. cap. 9, p.327-74.
28. MIRANDA, L.N. & LOBATO, E. Tolerância de variedades de feijão e de trigo ao alumínio e à baixa disponibilidade de fósforo no solo. Revista Brasileira de Ciência dos Solos, Campinas, 2(1):44-50, jan./abr. 1978.
29. MURRAY, J.J. & FOY, C.D. Differential tolerances of turfgrass cultivars to an acid high in exchangeable aluminum. Agronomy Journal, Madison, 70(5):769-74, Sept./Oct. 1978.
30. MUZILLI, O. Desenvolvimento do feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) cultivar 'Goiano Precoce' e a absorção de nutrientes em função da acidez do solo Latossol Roxo distrófico. Piracicaba, ESALQ, 1974. 76p. (Tese M.S.).

31. MUZILLI, O. & KALCKMANN, R.E. Análise de assistência-Interpretação de resultados e determinação de níveis críticos-I-determinação de níveis críticos da acidez. Boletim da Universidade Federal do Paraná: Agronomia, Curitiba, (1): 1-18, set. 1971.
32. _____ et alii. Tolerância de cultivares de soja e de trigo a acidez do solo. Revista Brasileira de Ciência dos Solos, Campinas, 2(1):34-40, jan./abr. 1978.
33. NAIDOO, G. et alii. Accumulation sites of Al in snapbean and cotton roots. Agronomy Journal, Madison, 70(3):489-92, May/June. 1978.
34. NYE, P. et alii. Ion exchange equilibria involving aluminum. Soil Science Society of American Proceedings, Madison, 25(1):14-7, Jan./Feb. 1961.
35. OLMO, J.I. & CAMARGO, M. Ocorrência de alumínio tóxico nos solos do Brasil, sua característica e distribuição. Ciência e Cultura, São Paulo, 28(2):171-8, fev. 1976.
36. RAGLAND, J.L. & COLEMAN, N.T. The effect of soil solution aluminum and calcium on root growth. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 23(5):355-7, Sept/Oct. 1959.

37. RAIJ, B. van et alii. Efeito de níveis de calagem na produção de soja em solo de cerrado. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 1(1):28-31, jan./abr. 1977.
38. REID, D.A. et alii. A method for determining aluminum response of barley in nutrient solution in comparison to response in Al-toxic soil. Agronomy Journal, Madison, 63(4):600-3, July/Aug. 1971.
39. SARTAIN, J.B. & KAMPRATH, E.J. Effect of liming a highly Al saturated soil on the top and root growth and soybean nodulation. Agronomy Journal, Madison, 67(4):507-10, July/Aug. 1975.
40. _____ & _____. Effect of soil Al saturation on nutrient concentration of soybean tops, roots, and nodules. Agronomy Journal, Madison, 69(5):843-5, Sept./Oct. 1977.
41. _____ & _____. Aluminum tolerance of soybean cultivars based on root elongation in solution culture compared with growth in acid soil. Agronomy Journal, Madison, 70(1):17-20, Jan./Feb. 1978.
42. SILVA, A.R. da. Melhoramento genético para resistência à toxicidade de alumínio e manganês no Brasil; antecedentes, necessidade e possibilidades. Tópicos para discussão e pesquisas. Ciência e Cultura, São Paulo, 28(2):147-9, fev. 1976.

43. VENCOVSKY, R. Genética quantitativa. In: KERR, W.E. Melhoramento e genética. São Paulo, Melhoramentos, 1969. p.17-37.



