



PROBLEMAS ABIÓTICOS QUE AFETAM A PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO E SEUS MÉTODOS DE CONTROLE

Michael D. T. Thung

Itamar Pereira de Oliveira

SB
327
.T38
c.1

a

o Abastecimento



CIAT

Centro Internacional de Agricultura Tropical
International Center for Tropical Agriculture



S13
327
• T38
C.1



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão
Ministério da Agricultura e do Abastecimento*

08 JUL. 1999



CIAT

UNIDAD DE INFORMACION Y
DOCUMENTACION

**PROBLEMAS ABIÓTICOS QUE AFETAM A
PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO E SEUS
MÉTODOS DE CONTROLE**

90962

Michael D. T. Thung
Itamar Pereira de Oliveira

EMBRAPA-CNPAP
Santo Antônio de Goiás, GO
1998

Exemplares desta publicação devem ser solicitados à

Embrapa Arroz e Feijão
Rodovia Goiânia Nova Veneza, Km 12
Caixa Postal 179
Fone: (062) 833.2103
Fax: (062) 833.2100
E-mail: cnpaf@cnpaf.embrapa.br
75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO

Supervisão Editorial/Gráfica

Marina A. Souza de Oliveira

Digitação/Diagramação

Fabiano Severino
Sinábio de Sena Ferreira

Capa

Ronaldo Reis

Tratamento das Figuras

Sebastião Araújo

Normalização Bibliográfica

Ana Lúcia D. de Faria

Tiragem: 2.000 exemplares

CIP-Brasil. Catalogação-na-publicação

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão - CNPAF

Thung, Michael D.T.

Problemas abióticos que afetam a produção do feijoeiro e seus métodos de controle / Michael D.T. Thung; Itamar Pereira de Oliveira. -- Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA-CNPAF, 1998.

172p. il.

Conteúdo: Parte I - Cultivo do feijoeiro para alta produtividade. Parte II - Fatores abióticos limitantes da produção.

ISBN 85-7437-001-0

1. Feijão - Fator limitante abiótico. 2. Feijão - Nutriente - Toxidez - Deficiência. 3. Feijão - Manejo do solo. I. Oliveira, Itamar Pereira de. II. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (Santo Antônio de Goiás, GO). III. Título.

CDD 635.652

© Embrapa 1998

APRESENTAÇÃO

Devido à importância dos grãos do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na alimentação humana, esta cultura tem merecido a atenção de pesquisadores nacionais e internacionais para aumentar seus níveis de produtividade, dentro dos padrões sustentáveis, para suprir as necessidades dos consumidores que aproveitam esses grãos como fonte básica e barata de proteínas e calorias, especialmente para as camadas sociais de baixa renda do perímetro urbano.

A Embrapa Arroz e Feijão, juntamente com o Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), em colaboração com os Institutos Estaduais, Empresas Regionais de Pesquisa Agropecuária e Universidades, têm mantido trabalhos conjuntos para aumentar a produtividade, visando a sustentabilidade da produção desta leguminosa de grão e a prevenção dos futuros problemas de produção.

Havia uma grande carência de um livro prático e sucinto, onde fossem discutidos os problemas abióticos que afetam o feijoeiro comum, e se pudesse comparar os problemas reais que ocorrem no campo com as figuras ou fotos e as tabelas, e obter sugestões para seu controle.

Este trabalho apresenta um resumo de 15 anos de experiências dos autores, dedicados à busca de soluções para os problemas da cultura. Nesta batalha não haverá, logicamente, vencedores nem vencidos, mas o espírito de luta da equipe demonstra o esforço para elevar o nível de produtividade obtido atualmente no Brasil, que é de 660 kg/ha por ano.

O CIAT e a Embrapa Arroz e Feijão, parceiros da mesma jornada, conseguiram unir os esforços e trazer ao público alguns itens que podem ajudar os usuários da tecnologia a continuar no ofício da produção, pois nenhum mérito de pesquisa pode existir sem a demanda do público e do produtor. Apenas com o espírito de cooperação dos diferentes segmentos da agricultura pode-se caminhar, todos conseguindo o retorno desejado.

AGRADECIMENTOS

À equipe de editoração da Embrapa Arroz e Feijão, merecedora de nosso especial elogio por sua paciência e dedicação na produção deste livro.

A todos os colegas, técnicos ou não, que colaboraram com sugestões tornando possível a sua produção.

À Camil Alimentos S.A. pela colaboração e patrocínio.

À Embrapa Arroz e Feijão pelo suporte físico e apoio técnico.

Enfim, a todos que direta ou indiretamente colaboraram anonimamente para que esta obra se tornasse realidade.

SUMÁRIO

LISTA DAS FIGURAS	9
LISTA DAS TABELAS	13
PREFÁCIO	15

PARTE I CULTIVO DO FEJJOEIRO PARA ALTA PRODUTIVIDADE

1 INTRODUÇÃO	19
2 MANEJO DO SOLO	19
2.1 Determinação do nível de fertilidade do solo	19
2.2 Recomendações de calagem e seus métodos para cálculo de dosagem	21
2.2.1 Correção baseada nas concentrações de alumínio	21
2.2.2 Correção baseada nas concentrações de alumínio, cálcio e magnésio	21
2.2.3 Método baseado na saturação de bases (IAC)	22
2.3 Adubação química	23
2.3.1 Fósforo	23
2.3.2 Potássio	25
2.3.3 Nitrogênio	25
2.3.4 Micronutrientes	26
2.4 Adubação orgânica e adubação verde	27
2.5 Conservação do solo	31
2.6 Preparo mecânico do solo	31
2.6.1 Incorporação do residual de culturas e plantas daninhas	31
2.6.2 Aração	33
2.6.3 Gradagem e aplicação de herbicida	33
2.7 Plantio direto	34
2.7.1 Implantação do plantio direto	35
2.7.2 Rotação de culturas com o feijoeiro	35
2.7.3 Sistemas de plantio direto em climas tropicais	36
2.7.4 Rotações de plantio direto	36
2.7.5 Cobertura vegetal	37
2.7.6 Influência do plantio direto	38
2.7.7 Semeadoras para plantio direto	39
2.7.8 Dessecantes	40

3	SEMENTES	40
3.1	Cultivares	40
3.2	Tratamento das sementes e inoculação	44
3.3	Plantio	45
4	IRRIGAÇÃO	47
4.1	Exigências do feijoeiro à água	48
4.2	Qualidade da água	49
4.2.1	Teor de cloreto da água	50
4.3	Disponibilidade de água	51
5	PRÁTICAS CULTURAIS	52
5.1	Acompanhamento da lavoura	52
5.2	Controle de plantas daninhas	52
5.3	Controle de doenças	52
5.4	Doenças radiculares	54
5.4.1	Fusarioses	54
5.4.2	Mofo-branco	54
5.4.3	Podridão-cinzenta-do-caule	54
5.4.4	Podridão-radicular-de-Rhizoctonia	55
5.4.5	Podridão-do-colo	55
5.4.6	Mela	55
5.4.7	Outras doenças radiculares de menor importância	55
5.5	Controle de insetos/pragas	56
5.5.1	Nematóides-de-galhas	56
5.5.2	Broca-do-caule ou Lagarta-elasma: <i>Elasmopalpus lignosellus</i> (Zeller)	57
5.5.3	Outras pragas radiculares de menor importância	58
6	COLHEITA	58
6.1	Ponto de colheita	58
6.2	Tratamento pós-colheita	58
7	ARMAZENAMENTO	59
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	59
	Apêndice 1	61
	Apêndice 2	62
	Apêndice 3	62
	Apêndice 4	63
	Apêndice 5	63
	Apêndice 6	63
	Apêndice 7	64
	Apêndice 8	64
	Apêndice 9	64

PARTE II FATORES ABIÓTICOS LIMITANTES DA PRODUÇÃO

1	INTRODUÇÃO	67
2	OS PROBLEMAS ABIÓTICOS	68
2.1	Deficiência e toxicidade	68
2.2	Seca	69
2.3	Erosão do solo: um problema invisível	70
3	REQUERIMENTOS NUTRICIONAIS DO FEIJOEIRO	77
3.1	Nutrientes essenciais	77
3.1.1	Elementos estruturais: C, H, O, N, P e S	77
3.1.2	Ativadores de enzimas: K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} e Zn^{2+}	78
3.1.3	Agentes redutores: Fe^{3+} , Cu^{2+} e Mo^{5+}	78
3.1.4	Funções não-específicas: B, Na, Cl e Si	78
3.2	Teor de nutrientes absorvidos, taxas de absorção e de exportação.. 79	
3.3	Mobilidade dos nutrientes na planta	86
4	DIAGNOSE	88
4.1	Diagramas importantes para facilitar o diagnóstico no campo ...	88
4.1.1	Passos que devem ser observados no campo e pontos estratégicos de entrevistas com o produtor	94
4.2	Técnicas de amostragem de solo e de planta para análises de laboratório	97
4.2.1	Técnica de amostragem de planta	97
4.2.2	Técnica de amostragem de solo	98
4.3	Níveis críticos e interpretação	99
4.4	Características morfológicas e fisiológicas afetadas por deficiências nutricionais ou toxicidade	104
5	SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA E DE TOXICIDADE	105
5.1	Deficiência de nitrogênio	105
5.2	Deficiência de fósforo	108
5.3	Deficiência de potássio	112
5.4	Deficiência de magnésio	114
5.5	Deficiência de enxofre	116
5.6	Deficiência de cálcio	117
5.7	Deficiência de boro	119
5.8	Deficiência de zinco	120
5.9	Deficiência de ferro	123
5.10	Deficiência de molibdênio	124
5.11	Toxicidade de alumínio	125
5.12	Toxicidade de manganês	128
5.13	Toxicidade conjunta de alumínio e manganês	130

5.14	Toxicidade de boro	131
5.15	Toxicidade de zinco	133
5.16	Toxicidade de ferro	134
6	OUTROS FATORES QUE AFETAM A PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO	135
6.1	Preparo do solo	135
6.2	Danos causados por agroquímicos	139
6.2.1	Queima por herbicidas	141
6.2.2	Queima por inseticidas e fungicidas	143
6.3	Irrigação	144
6.4	Déficit de água	149
6.5	Clima	149
6.6	Danos mecânicos às sementes	155
7	PREVENÇÃO E CORREÇÃO DAS DESORDENS NUTRICIONAIS	157
7.1	O <i>status</i> dos nutrientes no solo	157
7.2	Aplicações foliares como meio de corrigir deficiências nutricionais	158
7.3	Prática da calagem	159
7.4	Matéria orgânica	163
8	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	164
	Apêndice 1	169
	Apêndice 2	171
	Apêndice 3	172

LISTA DAS FIGURAS

FIGURA

PÁGINA

1	Feijoeiro como segunda cultura após arroz, depois da derrubada e queima da floresta.	71
2	Plantio de feijoeiro com boa prática cultural em área declivosa com cobertura morta.	71
3	Pedras e pedregulhos protegendo o solo contra a erosão causada pelo impacto dos pingos de chuva.	72
4	Erosão provocada por plantio de feijoeiro em áreas inclinadas sem proteção do solo.	72
5	Erosão laminar localizada detectada pelo acúmulo de terra nas áreas mais baixas.	73
6	Áreas degradadas do Noroeste do Paraná, resultantes do manejo inadequado do solo.	73
7	Áreas erodidas e abandonadas em Goiás, de difícil recuperação devido à formação de voçoroca	74
8	Erosão laminar morro abaixo	76
9	Método de derrubada e queima, uma prática cultural popular, mas prejudicial ao ambiente, realizada por agricultores sem maquinário. ...	77
10	Diagramas mostrando as possibilidades de localização dos sintomas de deficiência na planta.	87
11	Esquema de identificação de problemas que podem ocorrer desde o plantio até a emergência do feijoeiro.	89
12	Esquema de identificação de problemas que podem ocorrer desde a emergência até a abertura do primeiro par de folhas trifolioladas do feijoeiro.	90
13	Esquema de identificação de problemas que podem ocorrer desde a abertura do primeiro par de folhas trifolioladas até o florescimento do feijoeiro.	91
14	Esquema de identificação de problemas que podem ocorrer desde o florescimento até a maturação fisiológica do feijoeiro.	92
15	Esquema de identificação de problemas que podem ocorrer desde a maturação fisiológica até a colheita do feijoeiro.	93
16	Influência do pH do solo sobre a disponibilidade dos nutrientes. (Adaptado por Lopes (1989).	95
17	Sintomas de deficiência de nitrogênio, representados por folhas verde-pálidas do feijoeiro.	106
18	Planta raquítica devido à deficiência de nitrogênio.	106
19	Folhas de alguns genótipos com coloração natural e normal semelhante à deficiência de nitrogênio.	107

20	Sintomas de deficiência de nitrogênio localizados em áreas ricas em matéria orgânica, com alta atividade microbiológica.	107
21	Sintomas de deficiência de fósforo mostrando plantas anãs e coloração amarelo-dourada nas folhas baixas.	109
22	Redução do comprimento dos internódios e do número de vagens causada por deficiência de fósforo. Comparação de uma planta normal com uma deficiente em fósforo.	109
23	Sintomas de deficiência de fósforo produzindo coloração verde-escura nas folhas.	110
24	Diferenças dos sintomas de deficiência de nitrogênio e de fósforo em condição de casa de vegetação.	110
25	A deficiência induzida de fósforo causa menor amarelecimento em folhas baixas em comparação com a deficiência de fósforo ocorrida no campo.	111
26	Sintomas de deficiência de fósforo combinados com falta de água, resultando em folhas de cor verde-escura e plantas anãs.	112
27	Sintomas de deficiência de potássio em folhas baixas, com amarelecimento das margens da folha.	113
28	Sintomas induzidos de potássio, resultando em intensa cor amarela.	113
29	Sintomas de deficiência de magnésio em folhas de plantas cultivadas no campo.	115
30	Sintomas induzidos de deficiência de magnésio e enxofre em condição de casa de vegetação.	115
31	Sintomas de deficiência induzida de enxofre em condição de casa de vegetação.	117
32	Feijoeiro cultivado em solo ácido adubado sem calagem.	118
33	Sintomas de deficiência de boro, mostrando espessamento das folhas primárias do feijoeiro, conferindo-lhes aparência coriácea.	120
34	Sintomas de deficiência de boro antes da formação da terceira folha trifoliolada, com folhas enrugadas e morte dos brotos terminais, seguida pela proliferação de brotos laterais.	121
35	Folhas com sintomas de deficiência de zinco comparadas a folha saudável.	121
36	Sintomas de deficiência avançada de zinco com manchas necróticas.	122
37	Sintomas de deficiência de ferro, mostrando as folhas superiores amarelas com nervuras verdes.	123
38	Sintomas de toxicidade de alumínio em folhas dicotiledonais, com necrose das margens das folhas.	126
39	Toxicidade de alumínio causando maior atrofiamento do feijoeiro que a deficiência de fósforo.	126

40	Raízes encurvadas, com poucas ramificações causadas por toxicidade de alumínio.	127
41	Raízes encurvadas, porém com bom sistema radicular, causadas por lâmina alta de água.	127
42	Sintomas de toxicidade de manganês, com clorose internervural nas folhas superiores.	129
43	Sintomas de toxicidade de manganês nas folhas superiores do feijoeiro, em plantas bem desenvolvidas, com aparecimento após prolongado período chuvoso em solos ricos em cinzas vulcânicas.	129
44	Sintomas de toxicidade severa de manganês, com enrugamento e formação de manchas necróticas por toda a lâmina foliar.	129
45	Sintomas severos de toxicidade conjunta de alumínio e de manganês durante a germinação. Os sintomas são similares à queima de plantas causada por herbicidas.	131
46	Sintomas de toxicidade de boro causados pela má distribuição de bórax, produzindo necrose marginal na primeira folha trifoliolada.	132
47	Toxicidade de zinco, apresentando necrose marginal, com enrugamento das folhas causado pela má distribuição de $ZnSO_4$	133
48	Sintomas induzidos de toxicidade de ferro, mostrando folhas amarelas, com nervuras verdes, devido à aplicação excessiva de fertilizante contendo este elemento.	134
49	Preparo de solo muito úmido, produzindo torrões.	135
50	Torrões produzidos em solo preparado com alto teor de umidade.	136
51	Preparo de solo muito seco, com produção de grandes torrões.	136
52	Compactação do solo em camadas mais profundas devido ao uso freqüente de arado de disco ou de grade aradora (pé-de-grade).	137
53	Efeito do preparo do solo realizado por grade aradora mal-ajustada, causando o adensamento das raízes do feijoeiro na camada superficial. ..	137
54	Baixa taxa de germinação causada por mal-ajustamento da plantadora. ..	138
55	Cultivo mecanizado do feijoeiro, três semanas após a germinação.	138
56	Capina manual adaptada a trator de baixa potência.	139
57	Redução da taxa de germinação em solos ácidos provocada pela aplicação de altas doses de fertilizantes.	140
58	Necrose das margens e encurvamento da folha do feijoeiro devido à aplicação de altas doses de fertilizantes.	140
59	Crescimento reduzido pela falta de fertilizantes nas linhas, em Oxisolos, devido à obstrução do distribuidor de fertilizante.	141
60	Sintomas de queima causada pela aplicação do herbicida Linuron durante um dia quente e ensolarado.	142
61	Sintomas de queima moderada causada pela aplicação da mistura dos herbicidas Fomesafen e Fluzifop-butil.	142
62	Danos causados pelo herbicida não recomendado Imazapyr.	142

63	Necrose da margem e encurvamento das folhas causados por queima devido à aplicação excessiva do inseticida Carbofuran.	143
64	Queima causada pelo fungicida Pyrozaphos.	143
65	Amarelecimento das folhas baixas devido à irrigação excessiva.	145
66	Formação de raízes adventícias sobre o colar radicular devido à inundação durante 48 horas.	145
67	Planta morta devido à inundação prolongada, mostrando folhas secas, quebradiças, ainda ligadas ao caule do feijoeiro.	146
68	Sintomas do efeito de inundação localizada, semelhantes aos sintomas causados por <i>murcha-de-Fusarium</i>	146
69	Queima das folhas do feijoeiro causada por excesso de sais absorvido quando irrigado durante dias quentes e ensolarados (escaldadura).	147
70	Amarelecimento das folhas superiores inteiras devido ao excesso temporário de chuvas ou de irrigação. Esses sintomas desaparecem após alguns dias secos.	147
71	Sementes germinadas nas vagens devido ao excesso de chuvas na época da colheita.	148
72	Enraizamento superficial do feijoeiro causado por lençol freático alto.	148
73	Raiz encurvada causada por lençol freático alto, ainda com suficiente quantidade de raízes secundárias.	149
74	As sementes pequenas são mais sensíveis à falta de água que as sementes grandes durante o processo de germinação.	150
75	Plantas anãs com folhas verde-escuras causadas por déficit de água severo e prolongado.	150
76	Plantas com folhas na vertical indicando o estresse da água temporário (transpiração maior que absorção).	151
77	Furos nas folhas causados por chuva de granizo.	151
78	Vagens novas danificadas por chuva de granizo.	152
79	Bronzeamento de vagens causado por queima pelo sol.	152
80	Danos às sementes e às vagens causados por geada. Sintomas semelhantes aos causados por cretamento-bacteriano.	153
81	Ruptura do tegumento da semente causada por geada. Sintomas semelhantes ao problema genético denominado olho-de-peixe.	153
82	Genótipos resistentes a geadas ao lado de genótipo suscetível.	154
83	Baixa temperatura noturna causa arredondamento do folíolo central das folhas trifolioladas e amarelecimento das folhas trifolioladas recém-abertas.	155
84	Toxicidade de ozônio causa bronzeamento da lâmina foliar.	155
85	Danos mecânicos ocorridos durante o processamento de sementes com baixo teor de umidade produzem plântulas sem o ponto de crescimento apical.	157
86	Matéria orgânica incorporada durante o preparo do solo aumenta o vigor de crescimento nos estádios jovens da planta em solos ácidos inférteis	163

LISTA DAS TABELAS

TABELA

PÁGINA

1	Recomendação de calagem (t/ha) em função dos teores de Al e Ca + Mg/100cc, com a fórmula de $Q^* = 2Al + (3-Ca + Mg) \times f$	22
2	Recomendação de fósforo para o feijoeiro irrigado, de acordo com o teor de fósforo do solo e teor de argila.	24
3	Recomendação de fósforo para o feijoeiro não-irrigado.	24
4	Recomendação de fósforo para o feijoeiro cultivado em consórcio.	25
5	Recomendação de adubação potássica (K_2O em kg/ha) para culturas solteiras e consorciadas.	25
6	Recomendação de adubação nitrogenada na cultura do feijoeiro.	26
7	Recomendações de micronutrientes para a cultura do feijoeiro.	27
8	Teor e quantidade média de nutrientes incorporados ao solo, com aplicação de 10 t/ha de esterco de aves.	28
9	Quantidade média de matéria seca (t/ha) e nutrientes fornecidos (kg/ha) pela mucuna-preta incorporada ao solo com níveis de fósforo baixo (5 ppm) e alto (12 ppm).	28
10	Quantidade de nutriente absorvido (kg/ha) por diferentes espécies de adubo verde plantadas na Embrapa Arroz e Feijão, com aproximadamente 800 m s.n.m.	29
11	Efeito do manejo das plantas daninhas sobre a produção de biomassa e matéria seca (t/ha) em solo com fósforo (P) alto e baixo.	32
12	Total de nutrientes (kg/ha) absorvido pelas plantas daninhas durante cinco meses, na safra das águas de 1992 a 1993.	32
13	Herbicidas recomendados para o feijoeiro.	34
14	Cultivares recomendadas para o ano agrícola 1996/1997 em diversas regiões do Brasil.	41
15	Tratamento de sementes contra algumas doenças de importância econômica.	45
16	Época recomendada para plantio do feijoeiro sem irrigação em importantes regiões do Brasil.	46
17	Valores do coeficiente da cultura (Kc) para o feijoeiro (<i>Phaseolus vulgaris</i> L.).	49
18	Produtos químicos para controlar as principais doenças de importância econômica do feijoeiro.	53
19	Principais pragas do feijoeiro e seus controles químicos.	57
20	Qualidade do solo erodido (Oxissolo) plantado com feijoeiro, com 2% e 8% de declividade, sob 403 mm de precipitação durante um ciclo da cultura, comparado com as características químicas locais de solos não erodidos. .	74

21	Forma química dos elementos absorvida pela planta.	80
22	Teores de nutrientes em folhas de feijoeiro de acordo com a idade da planta (período de floração entre 40 e 45 dias).	81
23	Composição nutricional das folhas e dos pecíolos, em três diferentes posições na planta, da cultivar de feijoeiro G 4000, em um Oxissolo do Brasil.	82
24	Influência de diferentes tratamentos nos teores de nutrientes em diferentes partes da planta do feijoeiro.	83
25	Teores de nutrientes nas raízes e nas folhas de diferentes cultivares de feijoeiro.	84
26	Taxa de absorção de fósforo (kg/ha/dia) pelo feijoeiro durante seu ciclo de crescimento em estande com 250.000 plantas/ha.	85
27	Absorção total de nutrientes pelo feijoeiro.	85
28	Nutrientes extraídos do campo pelo feijoeiro, com produção de 1.000 kg/ha de grãos.	86
29	Métodos de teste padrão para amostras de plantas.	98
30	Métodos de teste padrão para amostras de solos.	99
31	Níveis críticos de nutrientes em tecidos de feijoeiro.	101
32	Níveis deficiente, adequado e tóxico de nutrientes em tecido foliar de feijoeiro.	102
33	Níveis críticos externos de P, K, Al, Zn, B, Fe, Cu e Mn em Oxissolos no Brasil.	102
34	Níveis críticos externos de Ca, Mg e K para Oxissolos no Brasil.	103
35	Níveis críticos de saturação de bases e de alumínio para Oxissolos no Brasil.	103
36	Características do solo comumente encontrado em regiões onde o feijoeiro pode sofrer problemas de toxicidade.	104
37	Efeitos da baixa temperatura sobre o teor de vários nutrientes nas folhas do feijoeiro.	156
38	Alguns fertilizantes usados para aplicação foliar.	160
39	Taxa de absorção de nutrientes através de aplicação foliar em feijoeiro.	161
40	Quantidade de calcário necessária para neutralizar a acidificação causada pelos fertilizantes químicos.	162

PREFÁCIO

O feijão é um dos componentes mais importantes da cesta básica dos brasileiros. O consumo do feijão como alimento popular na refeição diária constitui um hábito muito saudável porque esta leguminosa, além de contribuir com proteína, fornece também calorias, vitaminas e fibras. No momento, tem-se intensificado campanhas para aumentar o seu consumo em nível mundial, com propagandas que incluem desde o controle de anemia até a prevenção do câncer, fonte barata de proteína, Fe e Zn - elementos carentes da população urbana - especialmente para as mulheres.

A população brasileira encontra-se em transição, isto é, saindo do meio rural para o urbano. Garrett (1997) prevê que 70% desta população estará ocupando áreas urbanas até o ano 2.005. Para suprir a população de baixa renda das periferias dos grandes centros, o feijão pode ser considerado uma cultura sem concorrência com qualquer outro tipo de grão. Considerando uma taxa de natalidade de 2,2%, significa que 4 milhões de novos consumidores, equivalentes a uma cidade do tamanho de Belo Horizonte, estarão ingressando anualmente no mercado consumidor. A quantidade de grãos para suprir este crescimento é de 56 mil t/ano, considerando um consumo *per capita* de 14 kg/ano, ou o equivalente a produção anual do Estado do Rio de Janeiro. Uma alternativa promissora para suprir esta demanda é o uso de alta tecnologia, para tornar a lavoura mais eficiente, isto é, produzir maior volume de grãos por unidade de área.

O cultivo tecnificado de inverno ou de terceira época constitui uma saída viável para estabilizar simultaneamente a produção e o preço do produto ao consumidor. Esta é a única alternativa para a ampliação da produção sem a expansão da área tradicional de lavoura com a cultura. As derrubadas das matas não são mais aconselháveis no mundo moderno e o processo tradicional de derrubada e queima está próximo do limite de sua expansão.

Não se pode desprezar o surgimento do novo tipo de agricultor, de alta tecnologia que, no momento, é uma minoria, capaz de produzir feijão de inverno com baixa incidência de pragas e doenças atingindo rendimentos médios acima de 2.000 kg/ha. Com a utilização de alta tecnologia, especialmente irrigação suplementar, a produção transforma em uma atividade economicamente viável inclusive para a utilização de corretivos, adubação adequada, cultivares produtivas, controle de doenças, pragas e plantas daninhas. Sem irrigação, o cultivo pode ser considerado de alto risco. O cultivo de inverno viria ocupar as áreas de pousio para expansão da cultura no Cerrado.

Alta tecnologia, infelizmente, está muito criticada por ambientalistas que a consideram um meio de agressão ao meio ambiente. Em vez de considerá-la

como solução, consideram-na como problema. Os químicos utilizados na lavoura tecnificada são apontados como grandes poluidores do lençol freático, contribuidores para o efeito estufa devido à produção de dióxido de carbono e esgotamento rápido das reservas dos hidrocarbonetos oriundos dos fósseis orgânicos. Esta crítica, em certo grau, é válida apenas para os países desenvolvidos onde a aplicação excessiva de adubação nitrogenada e fosfatada é comum. Nos países latino-americanos esta acusação encontra-se fora da realidade. O custo do fertilizante ainda é muito alto para ser usado indiscriminadamente. Por outro lado, quando o produtor está investindo em fertilizantes e corretivos, está protegendo o seu maior patrimônio que é a fertilidade do seu solo. Solos não corrigidos sofrem rápido empobrecimento até tornarem improdutivos. A associação de químicos em conjunto com adubos verdes no plantio direto constitui uma inovação no controle de lixiviação. O plantio direto está se tornando o meio de conscientizar o produtor sobre a necessidade de tecnificação sem agredir o meio ambiente.

A área total ocupada pelo feijoeiro anualmente no Brasil está em torno de 5,5 milhões de hectares considerando as três épocas; águas, seca e inverno com irrigação. Atualmente o feijão de inverno é cultivado em uma área em torno de 200.000 hectares e sua produtividade gira em torno de 1.700 kg/ha ou seja duas a três vezes maior que a do cultivo das outras safras, equivalente a quase um milhão de hectares de lavoura de baixa tecnologia.

O custo de produção de alta tecnologia é mais barato que o da produção familiar se forem considerados os salários da mão-de-obra. Com o aumento do cultivo de inverno em grande escala, aumenta a demanda por mão-de-obra, porque a maioria da colheita é realizada manualmente.

A alta tecnologia está baseada em quatro componentes na produção de feijoeiro, a saber: irrigação, utilização de insumos químicos, uso de cultivares responsivas a insumos e assistência técnica.

O apoio permanente das altas tecnologias sugeridas nestes sistemas visa assegurar o abastecimento do feijão sustentável e sadio para os consumidores brasileiros.

A tarefa de diagnosticar os problemas abióticos não é tão simples para o técnico poder chegar a uma conclusão imediata. É melhor omitir comentários que emitir sugestões precipitadas e erradas, evitando, assim, a perda da confiança do agricultor. A palavra vale prata, mas o silêncio vale ouro.

A primeira parte deste livro destina-se ao uso da prática de produção e a segunda parte constitui uma peça de apoio ao diagnóstico de campo.

Qualquer crítica construtiva para o aperfeiçoamento deste livro será sempre bem-vinda, reservando aos autores a responsabilidade pelos erros contidos nesta edição.

Os autores

PARTE I

***CULTIVO DO FEIJOEIRO
PARA ALTA PRODUTIVIDADE***

1 INTRODUÇÃO

A implantação de uma lavoura compreende o período que vai desde o preparo do solo até o plantio. Mesmo possuindo terras produtivas e preço bom do produto no mercado, deve-se evitar plantar feijão, cultivo após cultivo, na mesma área. Com isso, está se evitando o aumento da incidência de pragas e inóculos de doenças comuns à cultura.

Para o alcance de alta produtividade deve-se iniciar uma lavoura com a correção do solo, tanto em termos de acidez mostrada pelo pH e concentração de alumínio, como pelas baixas concentrações dos nutrientes essenciais à cultura. As condições de fertilidade do solo são conhecidas através de análises químicas, cujos resultados são mais confiáveis quando as amostras são coletadas de acordo com algumas normas orientadoras, como: profundidade, número de amostras simples para se formar as amostras compostas, homogeneidade das glebas em relação ao histórico de uso, topografia, vegetação, cor e textura. A lavoura deve ser estabelecida utilizando-se cultivares recomendadas com alto potencial de rendimento, mantida sempre limpa, livre de pragas e doenças e acompanhada, tecnicamente, desde o plantio até à colheita. A cultura não deve sofrer estresses hídricos e por isso recomenda-se amenizar os efeitos dos veranicos com irrigação suplementar, sempre que necessário. Durante a colheita do feijoeiro deve-se evitar a perda de grãos causada por máquinas não adaptadas ou inapropriadas ao arranquio, enfileiramento e trilha.

2 MANEJO DO SOLO

2.1 Determinação do nível de fertilidade do solo

Altos níveis de produtividade do feijoeiro são assegurados a partir do conhecimento da fertilidade natural da área através de amostragem do solo. É essencial que os nutrientes sejam analisados em amostras compostas de solos provenientes de cinco ou mais amostras simples realizadas de 0 a 20 cm de profundidade.

Para coletar amostras do solo, a área deve ser dividida em várias glebas, homogeneamente, de acordo com o histórico de uso, cor e textura, aspectos da vegetação ou plantas daninhas dentro e em torno do terreno. Coletam-se amostras compostas de cada área que apresentam características marcantes, que diferenciam as diversas partes de uma mesma área.

O resultado da análise do solo deve ser colocado em um mapa de campo, denominado mapa básico de levantamento 1:50.000, para facilitar a interpretação da fertilidade e a correção futura da área. A maior precisão de recomendação de calagens e adubação química é obtida de acordo com as informações a respeito das deficiências locais. É importante conhecer o histórico da área que se constitui em um bom parâmetro para recomendação de fertilizantes e previsão de custos da produção.

Alguns problemas podem surgir durante as amostragens, dentre os quais destaca-se a contaminação durante as operações manuais no campo que pode tornar-se na maior fonte de erro dos resultados das análises, no processo de avaliação da fertilidade do solo. Todas as ferramentas e recipientes devem ser guardados limpos, os sacos de plástico devem ser novos, isentos de contaminações como resíduos de fertilizantes, corretivos, inseticidas e fungicidas.

Amostragens entre 20 e 40 cm, além daquelas retiradas superficialmente, são muito úteis para determinar a acidez dos horizontes sub-superficiais e conhecer a formação de pé-de-grade no solo arável. As análises físicas devem ser realizadas paralelamente às análises químicas, porque as plantas não conseguem absorver normalmente os nutrientes quando há impedimentos físicos dos solos que também dificultam o arejamento e a movimentação da água. Penetrômetro é um aparelho usado para indicar os níveis de adensamentos do solo. A subsolagem, quando necessário, é realizada antes de se fazer qualquer atividade de aração e gradagem.

A quantidade de solo em cada amostragem deve ser de 200 a 500 g, o suficiente para sofrer peneiramento, secagem e moagem. As amostras devem ser etiquetadas com o nome do proprietário, endereço completo, data de amostragem, profundidade da coleta, nome ou número das glebas e subglebas. Se a área já possui o mapa básico, nele devem constar as coordenadas cartesianas, isto é, as posições exatas dos locais das amostragens, e o histórico da gleba como: cultivos anteriores, adubações recebidas e correções.

Devem-se manter as amostras em locais secos, frescos e sem luz solar para não sofrer alterações nas características químicas do solo, atividade biológica, concentração de matéria orgânica, fósforo disponível e no pH. Mesmo no laboratório, a manipulação das amostras deve ser realizada em locais sem possibilidades de contaminação.

Comparando os dados obtidos de análises do solo com os das tabelas de recomendações pode-se determinar se há necessidade, ou não, de colocar calcário e adubos químicos para adequar o suprimento dos nutrientes ao

longo do ciclo vegetativo, onde a demanda varia com a idade de planta. O pique de demanda geral de nutrientes ocorre na floração, embora alguns sejam mais absorvidos durante o enchimento de vagens.

2.2 Recomendações de calagem e seus métodos para cálculo de dosagem

Quando o pH (solo : água = 1:2,5) está abaixo de 5,5 há necessidade de aplicar calagens em quantidades dependentes do Poder Relativo de Neutralização Total (PRNT) do calcário. Deve-se fazer a recomendação apenas após a análise do solo.

Aplica-se o calcário antes do período chuvoso, entre seis ou, no mínimo, um mês, antes do preparo do solo. Em caso de emergência, a aplicação do calcário pode ser realizada um pouco antes do plantio, quando a umidade do solo estiver em torno da capacidade do campo. O calcário não reage em solo seco, não trazendo nenhum benefício para o desenvolvimento da planta e produção de grãos.

2.2.1 Correção baseada nas concentrações de alumínio

Este método é o mais utilizado no Brasil por facilidade de cálculo, embora com bastante imprecisão. Consiste em extrair o alumínio através do cloreto de potássio (Kamprath, 1970, modificado) e calcular a quantidade de calcário a ser aplicada através da fórmula:

$$t \text{ calcário/ha} = e.mg \text{ Al}^{+3}/100cc, 100 \text{ ml ou } 100 \text{ g de solo} \times f.$$

$f = 2$ para culturas mais exigentes como o feijão e $1,5$ para as menos exigentes.

2.2.2 Correção baseada nas concentrações de alumínio, cálcio e magnésio (Tabela 1).

$$t \text{ calcário/ha} = 2 \times e.mg \text{ de Al}^{+3}/100cc + [3,0 \cdot (e.mg \text{ de Ca}^{+2} + \text{Mg}^{+2})] \times f$$

onde se prevê o valor de PRNT 100% ($f = 1$). Quando menor que 100% deve-se achar o fator $f \approx 1/\text{PRNT}$

TABELA 1 Recomendação de calagem (t/ha) em função dos teores de Al e Ca + Mg/100cc, com a fórmula de $Q^* = 2Al + (3-Ca + Mg) \times f$.

e.mg Al/	e.mg de Ca + Mg/100 cc de solo							
100cc	0 - 0,2	0,3 - 0,5	0,6 - 0,8	0,9 - 1,1	1,2 - 1,4	1,5 - 1,7	1,8 - 2,0	
0,0-0,3	2,8 - 3,6	2,5 - 3,3	2,2 - 3,0	1,9 - 2,7	1,6 - 2,4	1,3 - 2,1	1,0 - 1,8	
0,4 - 0,6	3,6 - 4,2	3,3 - 3,9	3,0 - 3,6	2,7 - 3,3	2,4 - 3,0	2,1 - 2,7	1,8 - 2,4	
0,7 - 0,9	4,2 - 4,8	3,9 - 4,5	3,6 - 4,2	3,3 - 3,9	3,0 - 3,6	2,7 - 3,3	2,4 - 3,0	
1,0 - 1,2	4,8 - 5,4	4,5 - 5,1	4,2 - 4,8	3,9 - 4,5	3,6 - 4,2	3,3 - 3,9	3,0 - 3,6	
1,3 - 1,5	5,4 - 6,0	5,1 - 5,7	4,8 - 5,4	4,5 - 5,1	4,2 - 4,8	3,9 - 4,5	3,6 - 4,2	
1,6 - 1,8	6,0 - 6,6	5,7 - 6,3	5,4 - 6,0	5,1 - 5,7	4,8 - 5,4	4,5 - 5,1	4,2 - 4,8	
1,9 - 2,1	6,6 - 7,2	6,3 - 6,9	6,0 - 6,6	5,7 - 6,3	5,4 - 6,0	5,1 - 5,7	4,8 - 5,4	
2,2 - 2,4	7,2 - 7,8	6,9 - 7,5	6,6 - 7,2	6,3 - 6,9	6,0 - 6,6	5,7 - 6,3	5,4 - 6,0	

Obs: quando a quantidade de calcário ultrapassar a 3 t/ha é recomendável aplicá-la em duas ou três parcelas.

*Q = quantidade de calcário dolomítico a ser aplicada em t/ha

Exemplo:

A análise do solo indicou teores de Ca + Mg (e.mg/100 cc) = 1 e de Al = 0,5 e.mg/100 cc. A Tabela 1 indica para aplicar quantidades entre 2,7 a 3,3 t de calcário dolomítico por hectare (no caso seria 3 t/ha com PRNT = 100%).

2.2.3 Método baseado na saturação de bases (IAC)

$$t \text{ calcário} = \frac{(V_2 - V_1) T}{PRNT} \times P \text{ (profundidade em cm)}$$

V_2 = saturação desejada

V_1 = saturação existente

T = soma de íons trocáveis (K + Ca + Mg + H + Al)

P = profundidade (1 para profundidade 20 cm, 1,5 para 30 cm e 2 para 40 cm)

PRNT = Poder Relativo de Neutralização Total

Exemplo: Análise do solo:

pH = 5; C% = 1,2%; K = 0,25; Ca = 0,40; Mg = 0,18; Al = 0,45 e H = 5,5; expressos em e.mg/100cc.

Valor S = (Soma das bases trocáveis = Ca + Mg + K) = 0,40 + 0,18 + 0,25 = 0,83 e.mg/100cc

Valor T = (Capacidade de troca catiônica ou CTC = Ca + Mg + K + Al + H ou S + Al + H) = 0,83 + 0,45 + 5,5 = 6,78 e.mg/100 cc.

Valor V_1 = S/T X 100 = 0,83/6,78 X 100 = 12,2 %.

Valor V_2 = a saturação de base requerida para a cultura do feijoeiro está entre 70 e 80% e, neste caso, usou-se 75%.

O PRNT (Poder Relativo de Neutralização Total) deste calcário é 90%.

O fator P: a quantidade de calcário a ser aplicada no solo é calculada para uma profundidade padrão de 20 cm (denominada solo arável), onde P = 1. Quando se considera a incorporação até 30 cm de profundidade é necessário acrescentar o valor de P, multiplicando-o por 1,5 (30/20) para chegar à quantidade correta de calcário para corrigir até nesta profundidade.

Cálculo da necessidade de calcário:

$$t \text{ calcário/ha} = \frac{(V_2 - V_1) T}{\text{PRNT}} \times P = \frac{(75,0 - 12,2) 6,78}{90} \times 1,5 = 7,09$$

2.3 Adubação química

O feijoeiro, por ser uma cultura exigente em fertilidade, necessita de adubação balanceada para expressar todo o seu potencial produtivo. Existem dois tipos de adubação química: corretiva ou básica e de manutenção. A corretiva é usada para propiciar condições para o feijoeiro crescer no solo de baixa fertilidade. Normalmente, nesta modalidade de adubação, o solo deve receber calagem para correção de pH (entre 5,7 até 6,2) e baixar o teor de alumínio livre até menos de 0,3 e.mg Al/100 cc do solo.

A adubação de manutenção, tem como objetivo colocar, à disposição do feijoeiro, os nutrientes necessários para o seu desenvolvimento e produção. Às vezes, a calagem, com doses menores pode ser realizada para corrigir levemente a acidez do solo provocada por adubação química repetitiva.

2.3.1 Fósforo

O fósforo é o elemento mais carente nos solos brasileiros e o nutriente mais exigido pelo feijoeiro após o nitrogênio. O teor de fósforo disponível,

pode ser usado como um bom indicador de fertilidade do solo. Basicamente, as recomendações de adubação fosfatada estão diretamente relacionadas com a concentração de fósforo e do teor de argila (Tabela 2).

Através de resinas extratoras, o teor de P extraído é aproximadamente o dobro. Os teores de fósforo são considerados, respectivamente, muito baixos, baixos, médios e altos para fim de recomendação da correção de fertilidade do solo. Quando os solos apresentam alta fertilidade em nível de fósforo, acima de 10 ppm, recomenda-se aplicar quantidades de fertilizantes fosfatados equivalentes às doses mais baixas recomendadas para estimular o crescimento e ajudar a cultivar expressar todo seu potencial de rendimento.

As doses de fósforo para a cultura irrigada devem ser aumentadas (Tabelas 2 e 3) devido ao grande aumento de produção obtida em condições de boa umidade e maior requerimento de nutrientes pela cultura.

TABELA 2 Recomendação de fósforo para o feijoeiro irrigado, de acordo com o teor de fósforo do solo e teor de argila.

Teor de Argila (%)	Teor de P do solo em ppm*			
	0 a 3	> 3 a 7	> 7 a 10	> 10
Recomendação (P ₂ O ₅ em kg/ha)				
61 a 80	110 a 120	90 a 110	70 a 90	60 a 70
41 a 60	100 a 110	70 a 90	60 a 70	50 a 60
21 a 40	80 a 100	60 a 70	50 a 60	45 a 60
20%	60 a 80	50 a 60	40 a 50	30 a 45

* Recomendações baseadas no extrator de H₂SO₄ 0,025 N + HCl 0,5 N.

TABELA 3 Recomendação de fósforo para o feijoeiro não irrigado.

Teor de argila (%)	Teor de fósforo no solo em ppm			
	0 a 3	> 3 a 7	> 7 a 10	> 10
Recomendação (P ₂ O ₅ em kg/ha)				
61 a 80	80 a 90	70 a 80	60 a 70	55 a 60
41 a 60	70 a 80	65 a 70	55 a 60	50 a 55
21 a 40	65 a 70	60 a 65	50 a 55	45 a 50
< 21	65	60	50	45

As culturas consorciadas geralmente recebem apenas adubações de complementação (Tabela 4). A grande maioria produz apenas com o residual da cultura principal, geralmente o milho.

2.3.2 Potássio

Utiliza-se a adubação potássica (Tabela 5) com finalidade múltipla. A primeira é suprir as necessidades da cultura e, a segunda, de reposição de K no solo. Confere também às plantas alguma resistência a acamamentos, ataque de pragas e doenças.

2.3.3 Nitrogênio

A adubação nitrogenada está muito relacionada com a adubação fosfatada. Doses maiores de fósforo requerem maiores quantidades de nitrogênio. As culturas mais tecnificadas, geralmente, são mais produtivas, por isso requerem também maiores quantidades de fertilizantes.

TABELA 4 Recomendação de fósforo para o feijoeiro cultivado em consórcio.

Teor de fósforo no solo (ppm)	Recomendação (P ₂ O ₅ em kg/ha)
< 3	40 a 50
3 a 7	30 a 40
7 a 10	20 a 30
> 10	20

TABELA 5 Recomendação de adubação potássica (K₂O em kg/ha) para culturas solteiras e consorciadas.

Disponibilidade K ₂ O (em ppm) no solo	Recomendação (K ₂ O em kg/ha)		
	Cultura consorciada *	Cultura não irrigada **	Cultura irrigada ***
0 a 25	40	50	60
25 a 50	30	40	50
50 a 75	20	30	40
> 75	10	20	30

* com milho

** safra da seca solteira

*** solteira

Aplica-se o nitrogênio de forma fracionada, um terço no plantio e dois terços em cobertura (Tabela 6), em torno de três semanas após a germinação. As quantidades recomendadas dependem da expectativa do rendimento. Adubação nitrogenada até 132 kg/ha foi considerada, ainda, econômica para atingir produções de até 3.079 kg/ha (Barbosa & Silva, 1994). Adubação pesada pode causar efeito negativo na produção provocando excesso de área foliar e acamamento da lavoura, além do ataque severo de doenças como o crestamento-bacteriano.

2.3.4 Micronutrientes

A necessidade da aplicação de micronutrientes está relacionada com a carência de cada nutriente e com o pH do solo. A correção de pH é feita através da calagem. Recomendações de calagens para o feijoeiro têm sido feitas para corrigir o alumínio do solo levando-se em consideração os teores de cálcio e magnésio. O método científico baseia-se na saturação de base, contudo, esse processo tem-se adaptado melhor para solos de fertilidade média a alta. Quando a soma de cátions é muito alta ou muito baixa, geralmente as quantidades de calcário recomendadas não corrigem racionalmente as carências do solo e as necessidades da planta, ou superestimam, ou, subestimam as quantidades de calcário a serem aplicadas.

Quando grandes quantidades de calcário são recomendadas para os solos com baixa capacidade tampão, como a maioria dos solos tropicais, o pH do solo torna-se muito elevado e alguns micronutrientes são complexados tornando-os não disponíveis para as plantas.

Os micronutrientes são essenciais para o crescimento da planta, embora requeridos em pequenas quantidades (Tabela 7). Deve-se aplicar até atingir o nível crítico requerido pela cultura. A deficiência de um deles pode

Tabela 6 Recomendações de adubação nitrogenada para a cultura do feijoeiro.

Sistema de plantio	Recomendação (N em kg/ha)		
	No plantio	20 a 30 DAG.C*	30 a 40 DAG.C*
Consórcio	10	-	-
Cultura da seca	15	20 a 30	-
Cultura irrigada	20	20 a 40	20

* DAG.C = dias após germinação em cobertura.

comprometer a produtividade do feijoeiro segundo a Lei do Mínimo de Liebig. Por outro lado, aplicação exagerada pode causar toxidez, provocar queimadura e até a morte das plantas.

Tabela 7 Recomendações de micronutrientes para a cultura do feijoeiro.

Nível	Concentração no solo e recomendação							
	Boro		Cobre		Manganês		Zinco	
	ppm ¹	g/ha ²	ppm ¹	g/ha ²	ppm ¹	g/ha ²	ppm ¹	g/ha ²
Muito baixa	<0,5	1000	<0,3	3000	<2,5	2000	<2,0	400
Baixa	0,5-1,0	500	0,3-0,6	1500	2,5-5,0	1000	2,0-4,0	200
Nível crítico	>1,0	250	>0,6	750	>5,0	500	>4,0	100

Obs: disponibilidade média e equilibrada de nutrientes ocorre entre pH 5,7 a 6,2

¹) concentração no solo

²) dose recomendada

Fonte: Oliveira, Embrapa-CNPAP, 1997.

2.4 Adubação orgânica e adubação verde

Tem-se recomendado, para áreas pequenas, a adubação orgânica com esterco de aves, suínos e bovinos e composto de bagacilho de cana. Para áreas maiores não existe disponibilidade de fertilizante orgânico suficiente para satisfazer a demanda.

O esterco é rico em nutrientes (Tabela 8) e pode suprir as necessidades de micronutrientes da cultura por algum tempo.

Recomenda-se o plantio de leguminosa ou adubo verde quando o terreno encontra-se em pousio ou em entressafra, com a umidade ainda suficiente para o crescimento da planta. *Mucuna-preta (Stilozobium mucunoides)* ou cinza (*Stilozobium deeringianum*) têm boa adaptação ao ecossistema do cerrado e produzem até 50 t de matéria verde num período de oito meses (Tabela 9).

A matéria seca produzida na Embrapa Arroz e Feijão, Goiânia-GO por algumas leguminosas variaram entre 1 a 27 t/ha em um período de oito meses. O processo de mineralização desta matéria orgânica começou quando a umidade do solo foi suficiente, liberando gradativamente nutrientes para nutrientes para

o feijoeiro. Em geral, o nitrogênio e o potássio foram os nutrientes mais extraídos pelas leguminosas testadas, superando as doses de fertilizantes aplicadas na cultura. Para a maioria das leguminosas, que possui relação estreita de C/N, a taxa de decomposição é muito rápida e a disponibilidade dos nutrientes pode não coincidir com a demanda máxima do feijoeiro. Nesse caso, o nitrogênio pode ser perdido por lixiviação.

As quantidades absorvidas pelas leguminosas e que tornam disponíveis para a culturas variam com as espécies (Tabela 10).

TABELA 8 Teor e quantidade média de nutrientes incorporados ao solo, com aplicação de 10 t/ha de esterco de aves.

Nutriente	%	kg/ha
N	5,70	570
P	1,65	378
K	2,50	300
Ca	8,60	860
Mg	0,42	42

TABELA 9 Quantidade média de matéria seca (t/ha) e nutrientes fornecidos (kg/ha) pela mucuna-preta incorporada ao solo, com níveis de fósforo baixo (5 ppm) e alto (12 ppm).

Nível de fósforo	Matéria seca (t/ha)	N	P	K	Ca	Mg
		(kg/ha)				
Baixo	52	129	46	284	38	10
Alto	59	173	60	328	36	11

TABELA 10 Quantidade de nutriente absorvido (kg/ha) por diferentes espécies de adubo verde plantadas na Embrapa Arroz e Feijão, com aproximadamente 800 m s.n.m.

Num.	Ident.	Nome científico	Prod. mat. seca t/ha	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	Zn kg/ha	Cu kg/ha	Mn kg/ha	Fe kg/ha
1	Indigo	<i>Ind.Hirsuta</i>	8.16	129.42	7.24	108.36	60.78	18.58	0.12	0.03	0.18	1.12
2	Aveia IAC 6	<i>Avena sp.</i>	1.61	26.02	2.58	39.2	5.98	3.85	0.04	0.01	0.22	1.07
3	Aveia preta	<i>Avena strigosa</i>	3	43.25	5.33	72.19	10.17	5.79	0.1	0.02	0.38	2.76
4	C.rotundifolia	<i>Cassia rotundifolia</i>	19.29	321.26	26.16	220.07	121.94	19.43	0.38	0.07	0.74	1.37
5	Calopogônio. muc.	<i>Calopogonio mucunoides</i>	9.99	248.83	18.98	146.34	110.48	23.81	0.21	0.06	0.37	1.1
6	Capim Sudão	<i>Sorghum sudanese</i>	7.38	74.24	7.72	98.21	27.04	21.36	0.17	0.05	0.25	0.66
7	Cowpea IPA 204	<i>Vigna unguiculata</i>	15.72	232	10.38	290.26	111.8	39.13	0.24	0.04	0.55	2.73
8	Chicharro	<i>Lathyrus sativus L.</i>	0.58	15.06	1.92	12.95	4.78	3.03	0.06	0.01	0.07	0.93
9	Crot. anagiroides	<i>Crot. anagiroides</i>	6.05	118.22	8.88	121.86	53.64	17.78	0.12	0.06	0.2	0.67
10	Crot. juncea var.G	<i>Crot. juncea var. grand.</i>	12.76	139.92	7.7	78.86	104.3	35.32	0.22	0.06	0.4	1.72
11	Crot. juncea	<i>Crot. juncea</i>	11.64	141.76	15.93	155.96	61.79	22.55	0.27	0.08	1.18	1.79
12	Crot. mucronata	<i>Crot. mucronata</i>	27.89	536.39	27.67	332.9	129.27	46.93	0.38	0.15	0.61	1.09
13	Crot. ochroleuca	<i>Crot. ochroleuca</i>	12.65	193.02	11.59	193.35	50.62	31.03	0.27	0.08	0.32	0.91
14	Crot. paulinea	<i>Crot. paulinea</i>	18.89	206.78	21.52	386.2	118.4	51.95	0.34	0.12	0.55	1
15	Crot. spectabilis	<i>Crot. spectabilis</i>	7.55	147.06	9.13	144.55	86.95	19.72	0.22	0.08	0.26	0.96
16	Crot. striata	<i>Crot. striata</i>	19.79	385.44	15.91	237.48	107.9	35.43	0.29	0.11	0.71	0.71
17	Kudzu	<i>Pueraria phaseoloides</i>	12.38	315.81	20.45	191.63	122.57	31.88	0.29	0.09	1.12	2.22
18	Clitoria	<i>Clitoria ternatea</i>	1.99	43.31	4.72	34.94	10	8.94	0.08	0.02	0.09	1.01
19	Dolichos Lab-Lab	<i>D. Lab-Lab</i>	12.49	321.35	26.69	218.9	126.81	30.31	0.33	0.08	0.65	2.49
20	Ervilha cv. Flavia	<i>Pisum sativum</i>	0.34	8.38	0.77	6.99	3.36	1.41	0.02	0	0.02	0.51
21	Canavalia	<i>Canavalia ensiformis</i>	6.94	206.06	10.3	77.32	109.09	31.84	0.1	0.05	0.46	4.05
22	Adzuki	<i>Vigna angularis</i>	1.11	40.28	2.61	22.02	18.88	4.57	0.13	0.01	0.12	0.39
23	Feijão arroz	<i>Vigna umbellata</i>	3.05	69.26	3.2	37.37	61.5	10.37	0.07	0.01	0.34	1.91
24	Flemingia congesta	<i>Flemingia congesta</i>	13.62	214.03	18.79	181.63	80.17	20.15	0.32	0.08	1.03	2.11

Continua...

Num.	Ident.	Nome científico	Prod. mat. seca t/ha	N kg/ha	P kg/ha	K kg/ha	Ca kg/ha	Mg kg/ha	Zn kg/ha	Cu kg/ha	Mn kg/ha	Fe kg/ha
25	Flemingia rodocarpa	<i>Flemingia rodocarpa</i>	9.59	162.48	11.73	106.31	70.5	16.98	0.23	0.05	0.64	0.82
26	Galactia striata	<i>Galactia striata</i>	8.17	178.74	17.15	133.5	78.89	16.95	0.17	0.07	0.44	1.47
27	Girassol	<i>Helianthus annuus</i>	12.16	198.12	14.03	287.74	134.15	58.03	0.31	0.12	0.45	1.38
28	Guandu anão	<i>Cajanus cajan</i> var. <i>anão</i>	8.81	164.77	12.15	130.82	60.89	13.55	0.15	0.08	0.55	1.01
29	Guandu comum	<i>Cajanus cajan</i>	35	547.05	52.61	375.55	198.8	53.83	0.64	0.28	1.29	5.51
30	Guandu cv Kaki	<i>Cajanus cajan</i> var. <i>kaki</i>	19.79	307.14	17.99	190.68	72.52	31.71	0.33	0.15	0.27	0.91
31	Guandu preto	<i>Cajanus cajan</i> cv. <i>preto</i>	14.98	294.07	29.54	216.96	74.68	27.11	0.34	0.18	0.5	1.15
32	Guandu cv Travi	<i>Cajanus cajan</i> var. <i>travi</i>	18	246.95	18.67	189.95	57.14	26.72	0.28	0.14	0.19	0.9
33	Indigo	<i>Indigofera tintorea</i>	12.27	215.57	13.91	170.45	104.07	22.37	0.22	0.08	0.83	0.72
34	Dolichos lablab	<i>D. Lab-Lab</i>	11.46	294.36	24.47	200.88	116.16	27.78	0.3	0.07	0.6	2.27
35	Lentilha	<i>Lens culinaris</i>	0.27	7.62	0.76	6.47	2.8	0.86	0.04	0	0.02	0.19
36	Mungo verde	<i>Vigna radiata</i> cv. <i>vc. 1000c</i>	0.98	35.18	1.99	17.23	19.93	7.17	0.33	0.01	0.08	0.37
37	Mucuna cinza	<i>Stilozobium niveum</i>	11.42	342.26	19.02	157.43	100.12	28.18	0.22	0.14	0.52	1.7
38	Mucuna preta	<i>Stilozobium aterrimum</i>	11.42	382.31	24.16	180.84	109.56	26.69	0.26	0.17	0.97	2.25
39	Mucuna jaspeada	<i>Stilozobium deeringianum</i>	10.93	281.04	17.23	179.58	81.08	22.77	0.27	0.17	0.41	5.77
40	Sorghum	<i>Pennisetum americanum</i>	3.13	58.77	4.64	58.07	14.41	16.05	0.09	0.02	0.22	1.07
41	Sorghum	<i>Pennisetum tiphoides</i>	6.55	117.68	6.75	162.57	32.08	24.54	0.15	0.05	0.49	1.08
42	Feijão Mungo 3476	<i>Vigna radiata</i>	0.69	23.03	1.79	18.39	12.13	3.72	0.05	0.01	0.04	0.29
43	Nabo	<i>Raphanus sativus</i> v.	1.49	35.89	2.41	37.66	37.88	8.46	0.45	0.01	0.12	2.75
44	Soja perene	<i>Glycine</i> sp.	4.39	142.54	9.7	60.64	52.41	15.89	0.12	0.04	0.31	1.23
45	Trepheosia	<i>Tephrosia cândida</i>	12.58	267.55	16.3	177.36	71.81	17.24	0.2	0.07	0.64	0.84
46	Trepheosia	<i>Tephrosia purpurea</i>	5.92	140.5	10.11	90.1	57.29	18.41	0.2	0.05	0.5	0.75

2.5 Conservação do solo

Devem-se realizar práticas conservacionistas dentro e em torno da área de plantio. Curvas de níveis, sejam de base estreita ou de base larga, são indicadas para evitar erosão durante a época chuvosa. Solos com declividade a partir de 2% apresentam carreamento de nutrientes da camada superficial de até 3 t/ha, local onde se concentra a maior atividade biológica.

2.6 Preparo mecânico do solo

O preparo mecânico do solo tem a finalidade de proporcionar melhores condições para o desenvolvimento do feijoeiro como preservação da umidade do solo e eliminação das plantas daninhas no período inicial de crescimento. Para se chegar a condições ideais de cultivo é necessário acompanhar um cronograma de trabalho, utilizando implementos agrícolas apropriados para aração e gradagens antes do plantio. O plantio requer muito tráfego de máquinas no campo e quase sempre forma uma camada subsuperficial compactada pela ação dos pneus dos implementos e tratores. Esta compactação fica mais grave quando o preparo do solo acontece em solo com umidade elevada. O uso de grade pesada pode criar pé-de-grade que não se percebe a olho nu, mas os penetrômetros podem detectar esta compactação, que é prejudicial ao desenvolvimento das raízes do feijoeiro.

2.6.1 Incorporação do residual de culturas e plantas daninhas

Antes do uso de qualquer máquina agrícola é necessário fazer um levantamento do tipo e quantidade de plantas daninhas que infestam a área a ser cultivada e, no futuro, controlar com maior eficiência, as plantas daninhas. Os restos orgânicos são muito importantes e atuam como fonte de nutrientes e controlador de umidade, principalmente nos cerrados, onde a produção de biomassa é baixa. O benefício da incorporação da matéria orgânica é maior que a sua queima ou retirada da área (Thung & Cabrera, 1996). Usa-se a grade niveladora para incorporação e tombamento da matéria orgânica, facilitando as operações de aração e gradagens. Após o corte das ervas e restos culturais, deve-se esperar o tempo necessário para sua secagem a fim de evitar possíveis rebrotamentos.

No preparo do solo para a cultura de inverno, época da seca no cerrado, a secagem dos restos orgânicos ocorre em cinco dias. A incorporação da matéria orgânica muito seca retarda sua decomposição e mineralização. O potencial de nutrientes da matéria orgânica para reciclagem é suficientemente alto, mesmo que a matéria orgânica seja de origem de plantas não leguminosas. As quantidades de nutrientes produzidos nos solos com altos

e baixos teores de fósforo, durante cinco meses, oriundos da matéria orgânica de plantas daninhas são apresentadas nas Tabelas 11 e 12. A queima reduz muito a quantidade de nutrientes deixada no solo através da volatilização no processo de combustão e pelas lavagens e lixiviação das cinzas acumuladas na superfície. De modo geral, as altas quantidades de nitrogênio e potássio recomendadas para as culturas podem se justificar com a eliminação destes nutrientes juntamente com os resíduos orgânicos da área.

TABELA 11 Efeito do manejo das plantas daninhas sobre a produção de biomassa e matéria seca (t/ha) em solo com fósforo (P) alto e baixo.

Manejo de ervas daninhas	P alto		P baixo	
	Biomassa	Matéria seca	Biomassa	Matéria seca
Sem perturbação	22,8	5,8	20,4	3,4
Gradagem	22,1	3,9	18,9	2,6
Corte e queimas	38,7	8,4	25,7	5,6
Corte e retirada	48,0	10,5	35,3	8,1

Fonte : Thung & Cabrera, 1996.

TABELA 12 Total de nutrientes (kg/ha) absorvidos pelas plantas daninhas durante cinco meses, na safra das águas de 1992 a 1993.

Manejo de ervas daninhas	Nível de P em solo	Nutrientes em kg/ha				
		N	P	K	Ca	Mg
Sem perturbação	alto	189	23	225	220	70
	baixo	61	7	123	29	39
Gradagem	alto	132	12	211	55	24
	baixo	65	6	110	28	24
Corte e queima	alto	99	8	160	40	26
	baixo	67	6	95	33	13
Corte e retirada	alto	66	5	116	22	19
	baixo	49	5	84	22	11

Fonte : Thung & Cabrera, 1996.

2.6.2 Aração

Tradicionalmente, realiza-se o preparo do solo a uma profundidade entre 20 e 40 cm com o objetivo de melhorar a porosidade, facilitar a germinação das sementes e o desenvolvimento do sistema radicular. Arações consecutivas, em solo seco, podem pulverizar a estrutura do solo, criando condições para compactação superficial das áreas agrícolas quando a água deixa de ser absorvida, ocorrendo lavagem de terra durante o período chuvoso. Como consequência ocorrem erosões laminares e em sulcos.

Os implementos mais utilizados são os arados de disco e os de aiveca. O primeiro prepara o solo com maior rapidez e exige menor potência do trator. O arado de aiveca tem a vantagem de cortar o solo em maior profundidade, incorporar melhor o resto cultural ou resíduo de plantas daninhas, além de fazer um melhor deitamento da leiva. O solo fica livre de infestação de plantas daninhas por mais tempo.

Tem-se usado variar, periodicamente, o tipo de implemento para evitar a formação de pé-de-grade devido ao uso constante de um mesmo implemento.

A época de aração é muito importante para melhorar a qualidade do preparo do solo. Aração, em época muito seca, exige maior potência do trator com formação de torrões grandes prejudiciais ao plantio e à germinação de sementes. Em época muito úmida é comum haver formação de adensamento de camadas subsuperficiais ou pé-de-grade e, conseqüentemente, desenvolver plantas com sistema radicular superficial.

Arações realizadas em solo com umidade em torno da capacidade de campo resultam em campos melhor preparados que em solo muito seco ou muito úmido, dispensando a necessidade da gradagem de nivelamento. Reduz-se o gasto de combustível, além de diminuir o risco de compactação do solo através do tráfego de máquinas na lavoura.

2.6.3 Gradagem e aplicação de herbicida

Em cultivos realizados sob irrigação, recomenda-se aplicar quantidades de água em torno de 50 mm depois da aração para criar condições para que as sementes da cultura anterior e as plantas daninhas germinem e sejam eliminadas na operação da gradagem. A grade niveladora exerce papel importante na correção do solo mal preparado, com ondulações irregulares e torrões volumosos nos casos de solo muito seco ou com excesso de umidade. Na prática, os agricultores podem verificar o excesso de umidade através da coloração do solo ou usando teste simples de pressão entre os dedos indicador e polegar. Se o solo molhar os dedos e não pingar água

durante a pressão, a umidade está boa para gradagem. Deve-se realizar a gradagem de nivelamento logo após a aração. Ocasionalmente, há necessidade de se passar a grade até três vezes para destruir os torrões secos. Pode-se utilizar a última passagem para aplicar herbicidas de pré-plantio. Recomenda-se não passar grades repetidamente para evitar a formação de compactação superficial e erosão devido à pulverização de agregados do solo, que, junto com água forma o crestamento superficial.

Antes da última passagem de grade leve, normalmente usa-se aplicar herbicida pré-emergente incorporado. Se não for necessário a incorporação do herbicida, pode-se aplicar após o plantio mas antes da germinação (em pré-emergência). Outra alternativa de utilização de herbicida pós-emergente é quando o feijoeiro está em torno de duas a três semanas. Esse tipo de herbicida normalmente requer um solo com boa umidade para ser efetivo.

A Tabela 13 apresenta alguns herbicidas utilizados e recomendados, nome do ingrediente ativo e suas doses para o feijoeiro em solos com diferentes teores de argila.

TABELA 13 Herbicidas recomendados para o feijoeiro.

Herbicida	Ingrediente ativo	Tipo ativo			Modo de aplicação
		Argiloso	Areno-argiloso	Arenoso	
Preforan	Fluordifen	12,0 /	10,0 /	8,0 /	Pré-emergência
Treflan incorporado	Trifluralina	2,0 /	1,6 /	1,2 /	Pré-plantio
Flex	Fomesafen	1,0 /	1,0 /	0,9 /	Pós-emergência
Flex/Fusilate mistura		1,0 / Flex + 1,2 / Fusilate + 2% Energic			Pós-emergência
Basagran	Bentazon	1,5 /	1,5 /	1,5 /	Pós-emergência
Herbadox	Pendimetalin	3,0 /	2,0 /	1,5 /	Pré-plantio
Dual	Metolachlor	2,5 /	2,5 /	3,0 /	Pré-plantio

* Fusilate = Fluozifop-butil

Fonte: Rodrigues & Almeida (1995).

2.7 *Plantio direto*

Atualmente existem grandes extensões de áreas-problemas, principalmente nas regiões tropicais, manejadas de modo insipiente, exploradas por pecuária extensiva ou agricultura itinerante, onde, poucas ou nenhuma técnica conservacionista tem sido empregada. Nestas condições, tem-se observado degradações em diferentes graus das características químicas, físicas e biológicas dos solos. Como consequência, estas áreas

têm demonstrado baixo potencial produtivo e apresentam alta incidência de plantas daninhas em focos generalizados de doenças e pragas.

Chamado de plantio direto, semeadura direta, plantio direto na palha, cultivo mínimo, cultivo zero, plantio sem preparo e sistema sem nenhum preparo, constitui uma técnica que consiste em dessecar plantas daninhas de cobertura (com controle químico das plantas daninhas em substituição ao controle manual mecânico) aplicar corretivos, colocar semente e adubo em solo não trabalhado ou danificado, devido ao uso de implementos agrícolas (arados, grades e escarificadores e outros). Realizado em solo coberto por restebas de culturas anteriores ou pastos velhos utilizando implementos agrícolas capazes de cortar os resíduos das plantas, abrir sulco de plantio de menor espessura possível e depositar semente na profundidade adequada, possibilitando o seu contato perfeito com a terra e, ao mesmo tempo, deixando o adubo abaixo e ao lado da semente.

2.7.1 Implantação do plantio direto

O plantio direto não é uma solução completa para aumentar a produção e, ao mesmo tempo, manter a sustentabilidade do solo. Com o acúmulo de matéria orgânica e condições úmidas constantes na camada superficial do solo, a proliferação de doenças e pragas é maior que em solos secos dos cerrados. Para contornar futuros problemas é necessário seguir recomendações técnicas. Antes de se implantar esse sistema em um campo novo, recomenda-se observar os seguintes aspectos:

- 1 Avaliação do grau de posicionamento nos horizontes da camada compactada do solo (pé-de-grade ou pé-de-arado).
- 2 Correção da acidez e dos níveis de fertilidade das áreas, principalmente do fósforo.
- 3 Eliminação das altas infestações de plantas daninhas, como as de difícil controle como capins perenes (*Brachiaria* spp, *Cynodon dactylon* (L) Pers, *Sorghum halepense* (L) Pers e outros, guanxuma (*Sida* spp), maria-mole (*Senecio brasiliensis* Less), tiririca (*Cyperus* spp) e outros.
- 4 Rotação de culturas, objetivando minimizar a compactação do solo, reciclagem e incorporação dos nutrientes, aumento da matéria orgânica e, principalmente, cobertura da superfície do solo. Este sistema não admite o pousio com o solo descoberto.

2.7.2 Rotação de culturas com o feijoeiro

A rotação é de fundamental importância para a sustentabilidade do sistema, levando-se em consideração o ciclo completo de cada cultura

adaptada para cada região, preferencialmente não alelopáticas com a cultura base, no caso o feijoeiro, e de ciclo de rotação nunca superior a dois anos.

Deve-se fazer a correção do teor de matéria orgânica através de plantas produtoras de grandes quantidades de massa, gramínea ou leguminosa, por serem de fácil produção de sementes, rústicas em relação a tolerância de doenças e pragas, a baixa fertilidade, secas, geadas e outros fatores. Recomendam-se plantas de desenvolvimento vegetativo inicial rápido, de fácil controle, de baixo custo de implantação, manutenção econômica e eficientes no controle de plantas daninhas; ter a possibilidade de outras utilizações como forragem, feno, silagem, apícola e outras qualidades. Devem-se evitar plantas hospedeiras de pragas e doenças comuns às culturas comerciais.

2.7.3 Sistemas de plantio direto em climas tropicais

O período pluviométrico é muito importante para se estabelecer uma rotação de culturas. Quando as regiões apresentam as precipitações concentradas em curto período de tempo, como no cerrado, poucas são as opções de rotação de culturas. O período crítico das culturas de safrinha deve ocorrer, no máximo, até o final da primeira quinzena de maio. Nesta condição é necessário verificar se o sistema de cultivo é tradicional ou se utiliza irrigação complementar. Para o feijão, é importante que se produza grãos de qualidade comercial, assim, a cultura deve entrar no sistema quando existe condições de colheita fora da época chuvosa. Por isso, prefere-se que o plantio direto seja com irrigação complementar para exercer controle direto sobre a época de aplicação de água.

2.7.4 Rotações de plantio direto

As rotações de cultura em plantio direto, no Brasil, variam de acordo com a necessidade de produção da cultura principal, com o nível de tecnologia disponível e as condições climáticas de cada região.

Para as culturas principais, nas regiões tropicais não-irrigadas, as rotações mais comuns são:

- 1 Milho verde/feijão/milheto
- 2 Sorgo forrageiro/feijão
- 3 Consórcio milho + feijão/sorgo ou milheto
- 4 Milheto/feijão/milheto ou sorgo

Em condições irrigadas, praticam-se as seguintes rotações:

- 1 Feijão das águas/sorgo forrageiro/soja
- 2 Milho verde/feijoeiro/milho/feijoeiro
- 3 Milho/feijoeiro/soja/trigo
- 4 Soja/milho/sorgo/feijoeiro/milho + feijoeiro/milheto ou trigo

No Sul do País onde o clima é temperado há maior opção de escolha de rotação das culturas que nas regiões de clima tropical quente, devido ao grande número de resultados de pesquisas sobre esse assunto em vários países europeus. As rotações mais comuns encontradas nesta região são:

- 1 Feijoeiro/tremoço azul-milho/nabo forrageiro-feijoeiro/mucuna-milho ou soja
- 3 Milho x feijoeiro/feijoeiro/mucuna-soja/chicarro ou ervilhaça peluda ou ervilha comum-milho/nabo forrageiro-feijoeiro
- 3 Milho x feijoeiro/feijoeiro/aveia x ervilhaça-feijoeiro/milho x feijoeiro/aveia x ervilha
- 4 Aveia/milho-aveia/soja-trigo/feijoeiro
- 5 Aveia/milho-trigo/feijoeiro-aveia/soja
- 6 Leguminosa/milho-aveia/soja-trigo/feijoeiro
- 7 Aveia/milho/feijoeiro-trigo ou tritcale/soja
- 8 Aveia/feijoeiro/milho safrinha-aveia/milho
- 9 Pastagem nativa ou reformada/feijoeiro-aveia/milho-aveia/feijoeiro
- 10 Aveia/feijoeiro-trigo ou cobertura verde/soja ou milho

2.7.5 Cobertura vegetal

Quando as condições físicas e químicas do solo não comprometem a primeira cultura, basta dessecar as ervas ocupantes da área com herbicidas, aguardar o tempo necessário para prejudicar o desenvolvimento das invasoras e semear diretamente a cultura aplicando corretivos como cálcio solúvel ou enxofre e fertilizantes nas quantidades exigidas pelas culturas.

Em solos degradados e muito pobres, antes de se proceder o plantio direto propriamente dito, é necessário fazer a sua correção utilizando uma planta boa produtora de massa verde e/ou fixadora de nitrogênio antes de uma ou duas culturas, para entrar no processo produtivo com vantagens no armazenamento de água e redução no uso de fertilizantes.

O resíduo da cultura proteção seja pasto, guandu, sorgo ou milheto, deve ser incorporado ao solo através de rolo-faca, grades niveladoras e/ou herbicidas na fase de floração/enchimento de grãos, deixando-o sobre a superfície do solo para efetuar a semeadura. Esses implementos são causadores de compactação do solo e, por isso, esta operação deve ser realizada quando a umidade do solo se encontra em torno da capacidade de campo.

Os resíduos das culturas devem ser incorporados, após a colheita, com o objetivo de produzir grãos, sejam de feijão, soja, milho, arroz, trigo e outras culturas subseqüentes, através de picador de palha, para facilitar o uso de herbicidas e semeadoras.

2.7.6 *Influência do plantio direto*

a) Condições biológicas

A matéria orgânica de cobertura oferece condições favoráveis à manutenção de umidade, temperatura, disponibilidade de nutrientes e calor necessárias ao desenvolvimento de organismos.

O número de minhocas aumenta com conseqüente aumento dos canálculos do solo facilitando a movimentação de água e de ar. Esses organismos são responsáveis pela humificação de matéria orgânica resultando em incorporação dos resíduos orgânicos ao complexo do solo facilitando, ao mesmo tempo, a mobilização dos minerais do ambiente. O transporte e a simultânea mistura do solo são realizados também por enchitreídes, cupins, formigas, ácaros, lesmas, protozoários e insetos subterrâneos.

A estrutura do solo é melhorada pela agregação de partículas resultante da ação de minhocas, cupins e isópodes que ingerem partículas de solo contendo matéria orgânica e a expelem em forma de agregados.

Surge grande número de corós de pastagem (*Diloboderus abderus*) da ordem dos Coleópteros, Melolonthidae e Dynastinae que, embora considerados pragas são recicladores de matéria orgânica e transportadores de nutrientes da superfície para as subcamadas do solo.

As raízes são favorecidas pela melhoria das características físicas, químicas e biológicas do solo. A ação dos microorganismos fixadores de nitrogênio é intensificada pela facilidade em utilizar a energia do fosfato disponível na solução do solo para fixação de nitrogênio por microorganismos simbióticos ou de vida livre.

b) Condições químicas

A camada arável dos solos tropicais apresenta baixa concentração de matéria orgânica, baixa capacidade de troca, baixa soma de bases, altos teores de alumínio e ferro e alta fixação de fósforo. A correção do solo com

calcário e a quebra das camadas adensadas com posterior aumento do teor de matéria orgânica melhoram todas as características químicas do solo.

O sistema, de início, exige maiores quantidades de nitrogênio devido ao acúmulo de matéria orgânica nova produzida, mas, após a segunda ou terceira cultura ocorre um equilíbrio no balanço de nitrogênio produzido e consumido desde que se faça rotação gramínea-leguminosa na seqüência das culturas.

Consideram-se adequados alguns índices de fertilidade para que o plantio direto desenvolva sem problema de fertilidade: matéria orgânica >2%; pH acima de 5,5; cálcio >2 e.mg/100cc; magnésio >0,8 e.mg/100cc; fósforo >20ppm; potássio >50ppm; boro >1ppm; cobre >1ppm; manganês >5ppm; molibdênio >0,2ppm e zinco >4ppm.

c) Condições físicas

O aumento do teor de matéria orgânica do solo facilita maior infiltração e disponibilidade de água e menor perda de solo, tanto por erosão eólica como hídrica. Evita a formação de crosta e selamento da superfície arável. Melhora a estrutura do solo e aumenta a estabilidade dos agregados.

d) Condições hídricas

A cobertura da superfície do solo e o acúmulo de matéria orgânica reduzem a evaporação de água e aumenta a transpiração de culturas como o feijoeiro. Mantém a água livre do solo por períodos mais prolongados. Minimiza o efeito depreciativo do veranico. Reduz o ressecamento rápido da superfície do solo e, conseqüentemente, controla os aumentos bruscos e drásticos de temperatura, ao mesmo tempo em que reduz o efeito do vento na evaporação de água. Aumenta a eficiência do uso de água das irrigações.

2.7.7 Semeadoras para plantio direto

Emprega-se o plantio direto tanto para pequenas como em grandes áreas. Não exige essencialmente que o agricultor tenha máquinas pesadas, o importante é que dentro de suas condições desenvolva tecnicamente a sua atividade. Pode-se fazer uso de trator ou animal. Existem aradoras, sulcadoras, niveladoras, semeadoras e adubadoras de tração animal que fazem o serviço de corte, sulcagem, nivelamento, semeio e adubação, respectivamente sem comprometer a qualidade do sistema.

A abertura do sulco pode ser feita através de disco de corte duplo defasado, defasado recortado e disco defasado combinado de faca.

Recomendam-se máquinas com mecanismos dosadores de rotor canelado, disco perfurado horizontal ou inclinado, discos com células verticais

e pneumáticos. Os mecanismos distribuidores de adubo podem ser do tipo roseta, parafuso helicoidal e do tipo rotor.

Os discos mais usados nestes implementos são do tipo lisos, ondulados, estriados e corrugados.

2.7.8 Dessecantes

Em aplicações normais tem-se usado dosagens que variam de 2,0 a 3,0 //ha de produto comercial de Glifosato ou Paraquat + Diuron. Nas infestações mistas de plantas daninhas de folhas largas e estreitas, adiciona-se, na primeira aplicação, 0,8 a 1,0 //ha de produto comercial à base de 2,4 D amina.

Obtêm-se os melhores desempenhos das plantadeiras entre cinco a dez dias após a dessecação. Intervalos superiores favorecem a reinfestação de plantas daninhas, necessitando antecipar a aplicação de produtos pré-emergentes. Nas dessecações com 2,4 D amina, deve-se manter um intervalo de três a cinco dias, caso contrário, poderão ocorrer sintomas de fitotoxidez, dependendo da cultura, cultivar e tipo solo.

Existem vários herbicidas não tóxicos recomendados para o plantio direto. O 2,4 D só é tóxico quando utilizado em altas dosagens. Consideram-se não tóxicos: Atrazine, Bromacyl, Cyanazine, Daiapon, Diuron, Limiron, MCPA e Trifluralina.

Tem-se considerado a minhoca como o termômetro sobre o estado de fertilidade do solo. Em plantio direto tem-se observado maior número desses animais que em plantio convencional.

3 SEMENTES

3.1 Cultivares

A escolha da cultivar é muito importante para o rendimento da cultura. Grande parte da demanda de feijão, no Brasil, está relacionada aos tipos de grãos carioca e preto, mas em algumas regiões, os grãos roxo, roxão e jalo são muito procurados. No Nordeste, o feijão tradicional é o Mulatinho sendo substituído pelo Carioca. Há demanda, em pequena quantidade, de grãos com tamanho mediano como Jalo, Manteigão, Carnaval, Rajado e Bagajó, que podem ter o preço mais alto que qualquer outro tipo de grão pequeno. Deve-se realizar o plantio somente com as cultivares recomendadas. A lista das cultivares é publicada anualmente e sua utilização facilita a obtenção de crédito para plantio.

As cultivares recomendadas e tolerantes para cada Estado do Brasil encontram-se listadas na Tabela 14, para o ano agrícola 1997/1998.

TABELA 14 Cultivares recomendadas para o ano agrícola 1997/1998, em diversas regiões do Brasil.

Estado e Região	Classe	
	Preferencial	Tolerada
Acre	Carioca, Rosinha	
Alagoas	Aporé, IPA 6, IPA 8	Carioca, Mulatinho vag. roxa
Bahia – Região além do São Francisco	Aporé, Carioca, Corrente, EMGOPA 201-Ouro, EPABA 1, IPA6, Jalo Precoce, Pérola, Rio Tibagi, Rudá	IPA 1, IPA 74-19, Mulatinho Vagem Roxa
Nordeste/Paraguaçu	Bagajó, Cachinho, Carioca, EMGOPA 201-Ouro, EPABA 1, Favinha, IPA 1, Mulatinho Vagem roxa, São José	Rosinha
Vitória da Conquista	Aporé, Carioca, Corrente, EPABA 1, IPA 6, Pérola	EMGOPA 201-Ouro
Irecê	Aporé, Bambui, Carioca, EPABA 1, IPA 6, IPA 7	Mulatinho vagem roxa
Ceará	Carioca, IPA 1	EMGOPA 201 -Ouro
Espírito Santo	Carioca, EMCAPA 404-Serrano, EMCAPA 405-Goytacazes, EMGOPA 201-Ouro, Neginho, Rudá, Xamego	Capixaba Precoce, ESAL 1, IPA 1, Rio Tibagi, Rio Doce, Ouro Negro
Goiás e Distrito Federal	Aporé, Carioca, Diamante Negro, Jalo EEP 558, Safira, Ônix EMGOPA 201-Ouro, Jalo Precoce, Pérola, Rudá, Xamego	
Mato Grosso	Aporé, Carioca, Diamante Negro, EMGOPA 201-Ouro, IAPAR 14, Jalo EEP 558, Jalo Precoce, Pérola, Rio Tibagi, Safira	

Continua...

Tabela 14 Continuação.

Estado e Região	Classe	
	Preferencial	Tolerada
Mato Grosso do Sul	Aporé, Carioca, Carioca 80, Diamante Negro, EMGOPA 201-Ouro, FT Bonito, IAPAR 14, Jalo Precoce, Pérola, Rio Tibagi, Rudá	IAC-Carioca (Carioca 80 SH), FT 120, Jalo EEP 558
Minas Gerais	Aporé, Carioca MG, Meia Noite, Novo Jalo, Ouro, Ouro Branco, Ouro Negro, Pérola, Roxo 90, Rudá, Vermelho 2157	Carioca, IAC-Carioca (Carioca 80 SH), Jalo EEP 558, Milionário 1732, Mineiro Precoce, Rico 1735
Pará	Carioca, Rosinha	
Paraíba		
Região Mata e Sertão	Carioca, IPA 6	IPA 1
Região Curimataú	Carioca, IPA 6	Favita, Feijão de Cacho
Paraná	Aporé, Carioca, Diamante Negro, FT Nobre, FT 120, FT-Tarumã, IAPAR 14, IAPAR 44, IAPAR 57*, IAPAR 65*, IAPAR 72*, Rio Tibagi, Rudá, IAC-Una, IAPAR 80, IAPAR 81, Pérola	IAPAR 8-Rio Negro, IAPAR 20, IAPAR 31, Rio Tibagi * só em regiões específicas. Plantio de janeiro até abril
Pernambuco		
Região Agreste	Aporé, BR-IPA10, BR-IPA 11-Brígida, IPA 9, Princesa	Favita, Gordo, Quixaba, IPA 8
Região além do São Francisco	Aporé, BR-IPA 10, BR-IPA 11-Brígida, IPA 7, IPA 8, IPA 9,	IPA 8
Primeiro semestre	Princesa	HF 465-63.1
Região além do São Francisco		
Segundo semestre	IPA 7, Princesa	
Rio Grande do Norte	Aporé, Corrente, IPA 7	BR-IPA 10, EMGOPA 201-Ouro

Continua...

Tabela 14 Continuação.

Estado e Região	Classe	
	Preferencial	Tolerada
Rio Grande do Sul	BR-IPAGRO-1-Macanudo, BR-IPAGRO-3-Minuano, BR-IPAGRO-35-Macotaço, BR-IPAGRO 44-Guapó Brilhante, Carioca, FT 120, FT 206, FT Nobre, Guateian 6662, IAPAR 31, IAPAR 44, Iraí, Rio Tibagi	
Rio de Janeiro	BR 1-Xodó, Ouro Negro, Porto Real, Varre-Sai, Xamego	BR 2- Grande Rio, BR 3- Ipanema, Carioca
Rondônia	Carioca, IPA 74-19	Rio Tibagi, Rosado
Santa Catarina	BR 6-Barriga Verde, Carioca, FT Nobre, IAC-Carioca (Carioca 80 SH), IAPAR 44, Rio Tibagi	EMPASC 201-Chapecó, FT 120, FT Tarumã * * só em regiões específicas
São Paulo	Carioca, FT 120, IAC Bico de Ouro, IAC-Carioca (Carioca 80 SH), IAC-Carioca Aruã, IAC- Carioca Akytã, IAC-Carioca Pyatã, IAC Maravilha, IAC Una, IAPAR 14, IAPAR 31, IAPAR 44, Aporé, Safira, Carioca-MG, Diamante Negro, Ônix	
Sergipe		
Região Propriá	IPA 7	
Outras regiões	Bagajó, EMGOPA 201-Ouro, IPA 1, IPA 6, IPA 8, São José	Cachinho, Carioca, Favinha, IPA 74-19, Milagre de Santo Antônio, Mulatinho vagem roxa
Tocantins	EMGOPA 201 - Ouro	

3.2 Tratamento das sementes e inoculação

As pragas das raízes e da parte aérea que atacam a planta desde a germinação até à colheita são várias. O maior problema ocorre quando a planta é atacada em seu estágio jovem, quando dificilmente se recupera prejudicando a produção de grãos. Em muitas condições, o uso de pesticidas é inevitável, mas recomenda-se tratar primeiro as sementes com o produto químico e somente depois de secas é que se aplica o inoculante.

Deve-se tratar a semente do feijoeiro com inseticida (Tabela 15) para evitar ataque de insetos do solo e grilos. Furadan líquido é um químico eficaz, mas muito tóxico ao homem e prejudicial ao meio ambiente. Se for necessária uma aplicação de micronutrientes, podem ser misturados com os produtos químicos para combater pragas e doenças do solo. Quando as deficiências de microelementos persistirem, recomendam-se aplicações foliares adicionais de fertilizantes, especialmente em solo de fertilidade média a alta, onde os micronutrientes são normalmente limitantes de rendimento. Neste caso a adubação foliar terá efeito complementar da adubação básica.

A inoculação de sementes com rizóbio é muito importante, mas as bactérias fixadoras de nitrogênio nem sempre são capazes de suprir todo nitrogênio requerido para alto nível de rendimento. Existem, no mercado, inoculantes apropriados contendo essas bactérias e recomenda-se 0,5 kg de inoculante com 600 cc de água, acrescentando 50 g de açúcar cristal e 60 g de polvilho de mandioca ou farinha de trigo em 300 cc de água fervente que, ao esfriar, atinge um volume de 600 cc. Esta solução é suficiente para inocular 40 kg de semente. Sementes inoculadas devem ser plantadas no mesmo dia, devendo a inoculação ser feita com auxílio de um aderente como água e açúcar cristal. Alguns nutrientes devem ser acrescentados como molibdênio, cobalto, enxofre, cálcio e ferro.

Mesmo procedendo a inoculação das sementes, recomenda-se aplicar pequenas quantidades de nitrogênio, não devendo ultrapassar 5 kg/ha, pois nessa fase, a planta não se encontra habilitada para fixar nitrogênio suficiente para suprir suas necessidades. Para atingir produtividades além de 3,5 t/ha, é necessário aplicar doses de nitrogênio entre 100 a 120 kg/ha parcelado em até três vezes; no plantio (20 kg/ha), 21 dias após a germinação (50 kg/ha) e antes da floração (50 kg/ha). Barbosa & Silva (1994) conseguiram produções acima de 3 t/ha aplicando em feijões de sementes de tamanho pequeno 130 kg/ha. Deve-se aplicar doses mais elevadas de nitrogênio para feijões de sementes de tamanho médio como Jalo, Bagajó, Favinha ou Carnaval.

TABELA 15 Tratamento de sementes contra algumas doenças de importância econômica.

Doenças	Nome comercial	Ingrediente ativo	Dosagem (g/100 kg de semente)
Antracnose	Vitavax 750 PM BR	Carboxin	110-190
	Benlate 500	Benomil	200
Mancha-angular	Benlate 500	Benomyl	200
	Benlate 500	Benomyl	200
Rhizoctoniose	Benlate 500	Tiofanato metílico + Chlorothalonil	110-120
	Cercobin 500	Tiofanato metílico	15-37
Podridão-cinzenta-do-caule	Benlate 500	Benomyl	200
	Captan	Captan	200
Podridão-radicular-Seca	Benlate 500	Benomyl	200
	Captan	Captan	200
	Vitavax + Thiram	Carboxin + Thiram	150
Crestamento-bacteriano	Estreptomicina	Solução de 0,2%/duas horas	

Deve-se observar a validade do inoculante e verificar como foi armazenado, uma vez que as bactérias não devem ser expostas a ação de raios solares. Recomenda-se guardar o inoculante em lugar fresco ou em recipiente refrigerado.

3.3 *Plantio*

Deve-se calibrar bem a máquina plantadora para obtenção de um estande uniforme. Para cultivares de hábito de crescimento determinados de tipo I (Novo Jalo ou Jalo precoce), a distância recomendada entre sulcos é 40 cm com mais de 15 sementes por metro linear, que produzirão um estande inicial de 375.000 plantas/ha. Para o tipo II (Safira, Diamante Negro, Xamego, Rio Tibagi) ou III (Pérola, Aporé e Carioca) a distância recomendada entre sulcos é 50 cm com mais de 18 sementes por metro linear, que produzirão um estande inicial de 300.000 plantas/ha. No decorrer do tempo, várias plantas morrem por doenças do solo e da parte aérea, podendo chegar a um estande final de 250.000 plantas/ha. Para cultivares de hábito de crescimento I, determinado, como Goiano Precoce, a distância entre sulcos

pode ser de 40 cm e o número de sementes pode chegar a 20 por m/linear para obtenção de um estande inicial de 350.000 plantas/ha. Necessita-se maior densidade para compensar a pouca capacidade de ramificação das cultivares de tipo I. O preço da semente do feijoeiro, no Brasil, não pesa muito no custo de produção, normalmente atinge, no máximo, 20%. Recomenda-se o uso de sementes fiscalizadas para assegurar a qualidade e o sucesso do plantio.

Existem duas épocas de plantio tradicional, a das águas, denominada de primeira safra, quando começa a época de chuva, e das secas, chamada de segunda safra (Tabela 16) realizada no final do período chuvoso. Os plantios irrigados, (plantados normalmente no inverno nas regiões onde a maioria dos dias são de temperatura acima de 12° C), denominados de terceira época, atualmente são responsáveis pelas maiores produtividades do feijoeiro.

TABELA 16 Época recomendada para plantio do feijoeiro, sem irrigação, em importantes regiões do Brasil.

Região	Primeira safra	Segunda safra
I. Sul		
Rio Grande do Sul	setembro/outubro	
Santa Catarina	agosto/setembro	janeiro/fevereiro
Paraná	agosto/setembro	janeiro/março
II. Centro-Oeste		
São Paulo	agosto/setembro	janeiro/março
Minas Gerais	outubro/dezembro	janeiro/março
Rio de Janeiro	setembro/outubro	fevereiro
Espírito Santo	setembro/outubro	fevereiro/março
Goiás/Distrito Federal	outubro/novembro	janeiro/março
Mato Grosso do Sul	agosto/outubro	fevereiro/abril
Mato Grosso	fevereiro/março	
Tocantins	outubro/novembro	
III. Nordeste		
Bahia	outubro/janeiro	março/maio
Sergipe	abril/maio	
Alagoas	março/maio	
Pernambuco	março/abril	
Paraíba	março/abril	
Ceará	março/abril	
IV. Norte		
Rondônia	março/abril	
Acre	março/abril	

4 IRRIGAÇÃO

O consumo de água pelo feijoeiro varia conforme o sistema de preparo do solo, cultivar, número de plantas por hectare, época de plantio e adubação, por isso, exige manejos diferenciados de irrigação. A irrigação em excesso e/ou preparo do solo inadequado favorecem a desintegração dos agregados.

Dentre as principais características/propriedades físicas relacionadas diretamente à irrigação estão a porosidade, a densidade e a estrutura. A porosidade determina o movimento da água no solo, os macroporos são responsáveis pela movimentação de água livre e os microporos pela retenção e movimento de água por capilaridade. A água suficiente disponível, ao longo do tempo, melhora os processos de contato da raiz com os nutrientes através do maior crescimento do sistema radicular (intercepção radicular), maior volume de água carregada de nutrientes (fluxo de massa) e movimento de íon não móvel devido à criação de um gradiente de concentração de nutrientes (difusão).

A prática do uso de plantio direto aumenta gradualmente o conteúdo de matéria orgânica, que melhora o armazenamento e o movimento da água no solo. A quantidade de água armazenada nas áreas de plantio direto são maiores, em torno de 20 a 30%, que a das áreas utilizadas com plantio tradicional. A cobertura do solo proveniente dos restos de culturas e plantas daninhas, neste sistema, não somente protege a superfície do solo contra erosão, como também, reduz a evaporação, minimizando o consumo de água de irrigação. Uma certa margem de água disponível é muito importante, porque a exigência da água pela cultura aumenta com a idade da planta.

O preparo do solo utilizando arado de aivecas, que permite remover o solo a maior profundidade, aumenta o arejamento dos solos, favorecendo o processo biológico e economizando até 50% da água de irrigação.

O clima é um fator importante no consumo de água. Épocas ou regiões quentes, secas e ventosas exigem aplicações de maiores volumes de água.

Há um grande número de pequenas lavouras cultivadas em terrenos próximos às várzeas e com grandes facilidades para irrigação. Algumas são irrigadas através de inundação em sulcos uma ou duas vezes por semana, outras por aspersão. As duas formas de irrigação têm proporcionado uma produção de até três toneladas por hectare.

Por outro lado, existem produtores de milho que visam a comercialização de espigas, os quais têm plantado o feijão em consórcio irrigado. Embora o primeiro interesse desses produtores seja a produção de milho, o feijão vem baratear o custo da lavoura e aumentar o lucro do produtor. Neste caso, não se atingirá o rendimento potencial, pois existe competição entre espécies por água, nutrientes e luz.

Fatores a serem considerados na implantação da irrigação:

1 Levantamento dos recursos e condições

O produtor deve estar ciente que a irrigação requer cuidados constantes para que o resultado seja satisfatório. O plano de trabalho deve ser feito levando-se em consideração os sete dias da semana, domingos e feriados, e também os dias que não terão assistência direta do usuário.

2 Levantamento da área a ser irrigada

Quando as áreas são de primeiro plantio deve-se conhecer o percurso da água no terreno, para evitar grandes perdas de áreas ou falta de água para ser utilizada.

3 Avaliação da fonte de água

Antes da implantação da irrigação deve-se verificar a vazão da água e o direito de uso por terceiros.

4 Tipo de solo

A implantação do sistema em área arenosa requer maior número de aspersores ou turno de rega mais freqüente. Os solos argilosos retêm maior quantidade de água que o solo arenoso, porém, devem-se evitar excessos devido à sua facilidade de alagamento.

5 Clima

Além da necessidade da planta, que varia com o hábito da cultura, algumas perdas de água vão variar com o clima da região que é influenciado pelos ventos, temperatura e umidade relativa.

6 Projeto mecânico e hidráulico

Definidos os recursos humanos e físicos é necessário esquematizar, de forma ilustrada, a colocação de bombas, canos de irrigação e aspersores. Definir também o turno de rega, período de irrigação e tipo de aspersor.

4.1 Exigências do feijoeiro à água

A primeira preocupação do produtor de feijão das secas e de inverno deve ser com a disponibilidade de água. Para regiões montanhosas como as de Minas Gerais, Espírito Santo e Rio de Janeiro, a produção do feijão da seca é regular, mesmo quando as chuvas cessam após a implantação da cultura. A umidade do ar consegue manter a umidade do solo em condições regulares para o desenvolvimento do feijoeiro. Nas regiões de umidade relativa baixa, como a dos Estados localizados na região do Centro-Oeste, devem-se implantar as lavouras nos locais onde se pode contar com irrigações complementares. A irrigação constitui o principal fator que determina o consumo da água em cada região, nível de rendimento esperado, safra, época de plantio e etapa de crescimento da planta do feijoeiro. A quantidade de água necessária para

irrigação do feijoeiro deve ser estabelecida para cada região, com critérios próprios, pois, não é possível transferir estes dados para outro local ou região. Através do coeficiente da cultura (K_c), um valor de referência entre as culturas com as plantas de referências (*Ipomoea batata* e *Paspalum notatum* L.), em conjunto com os dados médios de evaporação de um tanque classe A, estima-se a demanda de água para cada etapa de crescimento. Steinmetz (1984) e Stone & Moreira (1986) estimaram a demanda de água para a região de cerrado de Goiás, estipulando valores de K_c para cada etapa de crescimento do feijoeiro (Tabela 17).

O valor de evapotranspiração nos dias de vento forte e alta velocidade aumenta consideravelmente. Solo arenoso necessita de mais água por dia que solo argiloso.

TABELA 17 Valores do coeficiente da cultura (K_c) para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).

Etapa de crescimento	Duração (dias)	Idade da planta (dias após a emergência)	K_c	Evapotranspiração máxima (mm/dia)
Germinação ao início da floração	35	0-35	0,69	2,7
Floração	25	36-60	1,28	5,8
Vingamento de vagens à maturação	20	61-80	1,04	5,6

Fonte: Stone & Moreira, 1986

4.2 Qualidade da água

Não só a quantidade da água é importante para irrigação, também, a sua qualidade. Normalmente, em regiões de cerrado, a qualidade da água não é um problema, exceto quando contaminada por esgotos ou resíduos de fábrica. No Nordeste brasileiro, em vários lugares, a água de poços artesianos é salobra, portanto, não adequada para irrigação. Recomenda-se utilizar águas que apresentem até 250 micromhos/cm, pois, lavouras irrigadas com

água com mais que 750 micromhos/cm têm sua produtividade bastante comprometida.

Consideram-se solos salinos aqueles que apresentam pH abaixo de 8,5, condutividade elétrica de saturação (CE) acima de 4,0 mmhos/cm e porcentagem de sódio trocável (PST) abaixo de 15; solos sódicos quando apresentam pH acima de 8,5, CE abaixo de 4,0 mmhos/cm e PST acima de 15 e, solo salino sódico com pH abaixo de 8,5, CE acima de 4,0 mmhos/cm e PST acima de 15. Nas áreas irrigadas, 25% dos solos estão, de certo modo, com problemas de excesso de sais solúveis e/ou sódio trocável (Pereira et al., 1986).

A condutividade elétrica (CE) é expressa em mmhos, por centímetro a 25°C. De modo geral, também pode-se medir a quantidade de sólidos dissolvidos na água onde cada ppm equivale a 0,64 micromhos ou mmhos.

US Salinity Laboratory Staff (1954) modificada por Thorne & Peterson (1965), classifica a água em seis categorias de perigo por salinidade:

- | | |
|-----------------------------------|--|
| C_1 contém < 250 micromhos | - pode-se utilizar água desta qualidade para irrigação, mas, de vez em quando, deve ser lixiviada em condição de solo pesado (argiloso ou argilo siltoso). |
| C_2 entre 250 - 750 micromhos | - pode-se utilizar em solos que apresentam um grau moderado de lixiviação. |
| C_3 entre 750 - 2250 micromhos | - utiliza-se para irrigação sob condições especiais, como em solos com boa drenagem. |
| C_4 entre 2250 - 4000 micromhos | - salinidade elevada. Não recomenda-se para irrigação. |
| C_5 entre 4000 - 6000 micromhos | - salinidade excessivamente elevada. |
| C_6 > 6000 micromhos | - nunca pode-se utilizar para irrigação. |

4.2.1 Teor de cloreto da água

Para o feijoeiro, o nível de cloreto é muito importante porque é uma planta muito sensível a este ânion. A concentração de 5 ppm de cloreto em solução nutritiva (DeBouck, 1976) e 350 ppm na solução do solo, na capacidade de campo, não deve ser atingida.

Aplicação de calcário ou gesso pode diminuir o problema de sódio levado pela água de irrigação, como ocorre na região do Nordeste brasileiro onde o clima é muito seco e a água subterrânea é salobra. Em solo arenoso pode-se aplicar água menos favorável para irrigação devido à facilidade de lixiviação.

4.3 Disponibilidade de água

A disponibilidade de água para a lavoura deve ser monitorada com tensiômetro. A quantidade de água disponível para plantas deve estar entre a capacidade de campo (CC) em armazenar água e o ponto de murcha (água não disponível). Quando os valores estão em torno do ponto de murcha (PM) o cálculo de água de irrigação é dado pelo valor do cálculo da lâmina de irrigação (LL). Como estes valores são constantes para a mesma área e as plantas vão exigindo quantidades crescentes de água até a formação das vagens, aconselha-se combinar aumento de água aplicada com redução de turno de rega até a cultura reduzir o seu consumo.

Cálculo de lâmina de irrigação:

$$LL = (CC - MI) \times PC$$

onde:

LL = água de irrigação

CC = capacidade de campo (tensão 0,1 bar = 0,28 cc de água em 1 cc do solo)

MI = umidade do solo desejada na tensão de irrigação (tensão 0,3 bar = 0,23 cc de água em 1 cc de solo).

Pc = espessura da camada de solo (em cm).

Como não existe uma máquina ideal para irrigação, deve-se considerar a eficiência do equipamento utilizado em função da lâmina bruta de água (LB) a ser aplicada, dada pela fórmula:

$$LB = LL/EA$$

EA = Eficiência de aplicação do pivô, por exemplo, igual a 0,83, a lâmina bruta de irrigação será:

$$LB = 15/0,83 = 18 \text{ mm.}$$

Com a redução do teor de água do solo, a cor da folhagem do feijoeiro passa do verde normal para um verde azul escuro. Se a falta de água persiste, as folhas baixas amarelecem e caem. A planta inteira fica como se estivesse

deficiente em fósforo. A cor azulada, muitas vezes, pode ser usada por agricultores experientes, como indicação da necessidade de irrigação.

5 PRÁTICAS CULTURAIS

5.1 Acompanhamento da lavoura

A maioria das pragas e algumas doenças da lavoura pode ser controlada, ou, pelo menos, seu dano pode ser minimizado, quando observadas no início da infestação. Por esta razão, a lavoura deve ser observada diariamente para verificar a presença de plantas daninhas, insetos, bem como o aspecto da planta em relação às doenças.

5.2 Controle de plantas daninhas

As plantas daninhas competem com o feijoeiro em água, luz e nutrientes. A intensidade dessa competição depende de vários fatores como: espécie, densidade, fertilidade do solo, disponibilidade de água e hábito de crescimento da cultura. O feijoeiro não tolera a concorrência de plantas daninhas até 30 dias após a sua emergência. Para áreas pequenas, duas capinas são suficientes para manter a lavoura limpa e obter boas produções. Segundo Rodrigues & Almeida (1995), quando as lavouras são extensas o controle das plantas daninhas é feito com o uso de herbicidas (Tabela 13).

As pequenas lavouras geralmente são bem mais cuidadas que as muito extensas. A limpeza, algumas vezes, é feita manualmente ou com carpideiras de tração animal. Quando as ervas são pequenas há condições de se utilizar capinadeiras e bicos-de-pato que permitem, ao mesmo tempo, eliminar as plantas daninhas e chegar terra na planta. Esta operação é bastante discutida entre os produtores de áreas muito extensas, mas constitui tradição entre os pequenos agricultores por mostrar resultados positivos em relação ao desenvolvimento da planta em curto espaço de tempo.

5.3 Controle de doenças

As doenças constituem um dos principais fatores que contribuem para a redução da produção. O controle deve ser preventivo, iniciando-se antes mesmo do plantio, com a escolha das cultivares resistentes e/ou tolerantes às principais enfermidades (Apêndices 1 a 9). Após a escolha da cultivar, deve-se dedicar

atenção especial à origem da semente. O agricultor deve utilizar sementes fiscalizadas. Entretanto, outras sementes também podem ser empregadas no plantio desde que de boa qualidade.

Durante o desenvolvimento da cultura, por muitas vezes, torna-se imprescindível, o tratamento químico (Tabela 18) ou a eliminação de plantas afetadas tão logo se observem os primeiros sintomas.

Existem doenças comuns à época de frio e à época de calor acompanhadas do alto teor de umidade relativa do ar. O controle da maioria das doenças de importância econômica tem sido feito a partir de sementes limpas provenientes de cultivares tolerantes. As cultivares modernas, geralmente são mais tolerantes que as antigas para a maioria das doenças.

TABELA 18 Produtos químicos utilizados para controlar as principais doenças de importância econômica do feijoeiro.

Doença	Produto comercial	In ingrediente ativo (g/ha)	Dosagem
Antracnose	Benlate	Benomyl	250
	Dithane PM	Mancozeb	1600-2000
	Dithane SC		
Ferrugem	Plantvax 750 PM BR	Oxicarboxin	375-600
	HOKKO Plantvax 750		
	Cercobin 500 SC	Tiofanato metílico	250-630
	Saprol	Triorine	200-300
Mancha-angular	Benlate	Benomyl	250
	Dithane PM	Mancozeb	1600-2000
Oídio	Brestan PM	Trifenil acetado de estanho	200-300
Tombamento (<i>Rhizoctonia solani</i>)	Benlate	Benomyl	250

Fonte: COMPÊNDIO de defensivos agrícolas (1996).

5.4 Doenças radiculares

As doenças radiculares mais comuns, causadas por fungos, de importância no Brasil e na América Latina são:

5.4.1 Fusarioses

Existem dois tipos de fusarioses causados por fungos. A mais comum é a murcha ou amarelecimento-de-*Fusarium*. Esta doença tem como agente o *Fusarium oxysporum* f. sp. *phaseoli* (Schlecht.f.sp. *phaseoli* Kendrick and Snyder). A outra fusariose é dominada de podridão-seca-das-raízes, que tem como agente o *Fusarium solani* (Mart.) Appel and Wollenv. f. p. *phaseoli* (Burk.) Snyder and Hans. Esta doença é menos comum no Brasil que em outros países de América Latina.

O controle químico através do tratamento de semente com benomyl, thiram 70 S, captafol (Difolatan), carboxin (Vitavax) protege a planta apenas por curto período de tempo após a germinação.

Recomendam-se práticas culturais como o uso cultivares resistentes além de rotação de cultura (apêndice anexo).

5.4.2 Mofo-branco

O mofo-branco é causado pelo o fungo *Sclerotinia sclerotiorum* (sin. *Whetzelinia sclerotiorum*) (Lib.) de Bary e sua ocorrência é muito comum nas áreas irrigadas quando não se utilizam sementes sadias. A prática de rotação de culturas não tem tido muito sucesso porque o fungo pode crescer na cultura sucessiva, hospedando em muitas espécies, por isso, poucas opções são disponíveis para rotação de cultura.

O controle químico com benomyl, dicloran, thiofanato metílico + mancozeb nem sempre é efetivo, principalmente, quando o grau de infestação do terreno é muito alto.

5.4.3 Podridão-cinzenta-do-caule

A podridão-cinzenta-do-caule é causada pelo fungo *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid., comumente encontrado nas regiões com temperaturas acima de 30° C associadas aos altos estresses hídricos. Existem várias cultivares resistentes.

5.4.4 Podridão-radicular-de-Rhizoctonia

Esta doença é causada pelo fungo *Rhizoctonia solani* (Kühn). Recomenda-se o controle químico através da aplicação dos seguintes produtos: benomyl (Benlate 500), carboxin (Vitavax 750), captan (Captan 750), Terrachlor 750, em tratamento de sementes, que poderá aliviar a incidência da doença desde que o inóculo não esteja muito concentrado no solo.

As práticas culturais como rotação de culturas com mucuna-preta, crotalaria ou gramíneas podem diminuir a quantidade de inóculos no solo.

5.4.5 Podridão-do-colo

A podridão-do-colo causada pelo fungo *Sclerotium rolfsii* (Sacc.) é muito comum no feijoeiro, no Brasil. Verificam-se perdas significativas quando a cultura é desenvolvida em solos leves, com umidade próximo à capacidade de campo e com elevada densidade de inóculo.

Recomendam-se medidas de controle através de tratamento químico das sementes com produtos a base de benomyl, captan e carboxin; fumação do solo com brometo de metila e cloropicrina; calagem, aplicação de resíduos orgânicos com alta relação C/N e aração profunda.

5.4.6 Mela

Nas regiões quentes e úmidas dos trópicos, a doença denominada mela causada pelo fungo *Thanatephorus cucumeris* Frank (Donk) constitui o único fator limitante à expansão do feijoeiro. Não identificou-se, ainda, a fonte de resistência genética de *Phaseolus vulgaris* a esta doença.

Até o momento, a única recomendação são as práticas culturais como plantio direto sobre a palha (denominado sistema TAPADA) ou plantio direto mecanizado.

5.4.7 Outras doenças radiculares de menor importância

Phytophthora sp. = Podridão-úmida-das-raízes, que infecciona o hipocótilo e as hastes.

Fusarium oxysporum f. sp. *tracheiphilum* = murcha-do-fusário que ataca as folhas, inflorescências, e ramos.

As práticas culturais para cultivar feijão em solos infestados por inóculos de doenças radiculares devem ser mais acuradas e melhor monitoradas, porque,

além de contaminar outras áreas através do tráfego dos implementos agrícolas podem, também, aumentar o número de inóculos no local de ocorrência. Aração profunda com aiveca, entre 30 a 40 cm, invertendo a leiva completamente, e plantio entre 3 a 5 cm de profundidade podem diminuir a incidência dessas doenças. Rotação de culturas constitui, também, uma prática essencial para o seu controle. Quando ocorre compactação das camadas mais profundas do solo, são normais as ocorrências de alagamentos causados por chuvas devido à baixa capacidade de infiltração do excesso de água, aumentando, desse modo, a incidência das doenças radiculares.

5.5 Controle de insetos/pragas

As pragas naturalmente atacam as lavouras do início até o final da cultura. Quando se faz o tratamento das sementes com produtos à base de carbofuran ou carbosulfan tem-se o controle dos insetos da lavoura como lagarta-elasmô, lagarta-rosca (*Agrotis*), grilos em torno de 30 a 40 dias. Devem-se tomar alguns cuidados ao se fazer o tratamento de sementes; os gases tóxicos liberados pelos produtos químicos quando inalados ou através do contato direto com o corpo humano podem intoxicar os operários de campo.

Os ataques de pragas ocorridos durante o ciclo de desenvolvimento da cultura podem ser controlados com inseticidas específicos (Tabela 19).

5.5.1 Nematóides-de-galhas

Há quatro espécies comuns que atacam o feijoeiro no campo, *Meloidogyne incognita*, *Meloidogyne javanica*, *Meloidogyne arenaria* e *Meloidogyne hapla*. *Meloidogyne incognita* divide-se em várias raças que dificultam a identificação das linhagens tolerantes ou resistentes.

Recomenda-se o controle com cravo-de-defunto Marigold (*Tagetes minuta*) ou aveia preta (*Avena sativa* cv. Saia). É difícil medir o sucesso de seu uso e, por isso, a difusão desta prática é muito lenta. O controle é realizado principalmente através da utilização de linhagens resistentes (apêndice).

Os produtos químicos usados no tratamento do solo são muito caros. O tratamento de semente com fenamifos (Nemacur), carbofuran (Furadan), ou aldicarb (Temik) são, ainda, a melhor opção no momento.

TABELA 19 Principais pragas do feijoeiro e seus controles químicos.

Nome da praga	Nome comercial	Ingrediente ativo	Doses g/ ou //ha
Ácaro-rajado		Dimetoato 50%	0,5
<i>Tetranychus desertorium</i> (Banks)		Ometoato 100%	0,5
<i>Tetranychus urticae</i> (Koch)		Etoato Metil 40%	0,5
Ácaro-branco	Tedion 80	Tetradion	1200-2500
	Hostathion	Triazophos	800-1000
Cigarrinha-verde	Sevin 480 SC	Carbaril	1900-2250
<i>Empoasca kraemeri</i> (Ross&Moore)	Nuvacron 400	Monocrotofós	0,75
	Tamaron BR	Metamidofós	0,5-1,0
Lagarto-elasma	Sevin 480 SC	Carbaryl	1900-2250
<i>Elasmopalpus lignosellus</i> (Zeller)	Nuvacron 400	Monocrotofós	0,75
Lagarta-rosca	Sevin 400 SC	Carbaryl	1900-2250
Mosca-branca	Nuvacron 400	Monocrotofós	0,75
<i>Bemisia tabaci</i> (Gennadius)	Tamaron BR	Metamidofós	0,5-1,0
Minadores-de-folhas	Hostathion	Triazophos	800-1000
<i>Liriomyza</i> sp			
Lagarta-das-vagens	Sevin 400 SC	Carbaryl	1900-2250
<i>Maruca testulalis</i> (Geyer)			
Percevejo	Sevin 480 SC	Carbaryl	1900-2250
<i>Nezara viridula</i>	Tamaron BR	Metamidofós	0,5-1,0
<i>Megalotomus</i> sp			
<i>Piezodorus guildinii</i>			
Carunchos			
Acanthocelides	Piretro - 1 g/kg	carência de 7 dias.	
	Fosfina	5 a 15 pastilhas/t de grãos -	
		carência de 4 a 6 horas	
Zabrotes	Piretro - 1 g/kg	carência de 7 dias.	
	Fosfina	5 a 15 pastilhas/t de grãos -	
		carência de 4 a 6 horas	

Fonte: COMPÊNDIO de defensivos agrícolas (1996).

5.5.2 Broca-do-caule ou Lagarta-elasma: *Elasmopalpus lignosellus* (Zeller)

Ataca plântulas durante a época seca quando estão recentemente germinadas.

O controle químico de semente com carbofuran ou aldicarb pode evitar a incidência generalizada deste fungo.

5.5.3 Outras pragas radiculares de menor importância

Nematóides das lesões radiculares (*Pratylenchus*), nematóide cavernícola (*Radopholus*), nematóide reniforme (*Rotylenchus*), nematóide espiralado (*Rotylenchulus*), nematóide anelado (*Paratrichodorus*) são ectoparasitas, cujos danos são pouco conhecidos.

6 COLHEITA

6.1 Ponto de colheita

Praticamente, não há diferença significativa de ciclo de vegetação do feijoeiro entre as safras tradicionais, seja na região-Sul com o clima subtropical, ou Norte com o clima tropical. No terceiro plantio ou plantio de inverno, onde não há perigo de geadas, o ciclo do feijoeiro varia entre 85 a 95 dias, ou seja, 10 dias a mais que nas safras tradicionais. A dificuldade em determinar o ponto da colheita através do tempo de pós-emergência, deve-se às variações da temperatura no decorrer do ciclo vegetativo da cultura e do ano agrícola, tanto na região Norte como na região Sul.

Determina-se o ponto de colheita de uma lavoura pela mudança de coloração das plantas e, especialmente, pela cor das vagens. Quando as vagens apresentarem um amarelo-palha, os grãos encontram-se com uma umidade que varia entre 18 a 22%, podendo chegar entre 14 e 16% após a bateção e abanação. Fisiologicamente, as sementes dentro das vagens estão maduras quando a cor das sementes estiver fixada e a umidade atingir valores abaixo de 22%. Na prática isto ocorre quando 50% das vagens mudam a cor verde pela cor creme. Algumas cultivares antigas têm problemas de deiscência. Quando a colheita é tardia, a perda é significativa especialmente quando a colheita ocorre na época muito seca e com umidade do ar muito baixa, mas estas condições são desejáveis para se obter grãos de alta qualidade comercial (sem manchas como os produzidos nas safras das "águas").

6.2 Tratamento pós-colheita

Além da umidade do grão, que deve estar em torno de 14%, deve-se realizar o tratamento da semente para evitar ataque de insetos no armazenamento. A maioria das pragas de armazenamento vem do campo. Os adultos colocam ovos nas vagens e nos grãos, que se desenvolvem nos grãos após a bateção, quando não se faz o tratamento das sementes. Recomenda-se usar, para o controle de

carunchos, produtos à base de fosfina na quantidade de três comprimidos por metro cúbico de sementes.

O produto recomendado para tratamento de sementes é o Shellgran. Sementes tratadas com este produto são impróprias para consumo humano.

7 ARMAZENAMENTO

O armazenamento deve ser feito em locais secos para evitar o desenvolvimento de fungos e bactérias. Para consumo doméstico tem-se utilizado armazenar as sementes em recipientes fechados, sem oxigênio, condição adversa ao desenvolvimento das pragas dos grãos.

Para evitar a infestação do carunho (*Zabrotes subfaciatus*, Bohemann) mantendo a qualidade da semente, aplicar gastoxin bem antes do armazenamento.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABAWI, G.S.; PASTOR CORRALES, M.A. **Root rots of beans in Latin America and Africa: diagnosis, research methodologies, and management strategies.** Cali: CIAT, 1990. 114p. (CIAT. Publication, 35).
- BARBOSA FILHO, M.P.; SILVA, O.F. da. Aspectos agro-econômicos da calagem e da adubação nas culturas de arroz e feijão irrigados por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.29, n.11, p.1657-1667, 1994.
- COMPÊNDIO de defensivos agrícolas: guia prático de produtos fitossanitários para uso agrícola. 5.ed. rev. São Paulo: Organização Andrei, 1996. 506p.
- DEBOUCK, D.G. **Etude d'une relation entre nutrition minerale equilibree et morphogenese chez (*Phaseolus vulgaris* L.).** Gembloux: Faculté des Sciences Agronomiques de l'État, 1976. 204p. Tese Doutorado.
- GARRET, J.L. **Challenges to the 2020 vision for Latin America: food and agriculture since 1970.** Food, agriculture and the Environment Discussion Paper 21, In: A2020 VISION WORKSHOP ON LATIN AMERICA. Cali. 1995.
- KAMPRATH, E.J. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.34, n.2, p.252-254, 1970.

- PEREIRA, J.R.; VALDIVIESO, C.R.; CORDEIRO, G.G. Recuperação de solos afetados por sódio através do uso de gesso. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., 1985, Brasília, DF. **Anais**. Brasília: EMBRAPA-DDT, 1986. p.85-105.
- RODRIGUES, B.N.; ALMEIDA, F.S. **Guia de herbicidas**. 3.ed. Londrina: Livraria Rural, 1995. 675p.
- STEINMETZ, S. **Evapotranspiração máxima no cultivo do feijão de inverno**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1984. 4p. (EMBRAPA-CNPAP. Pesquisa em Andamento, 47).
- STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A. **Irrigação do feijoeiro**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1986. 31p. (EMBRAPA-CNPAP. Circular Técnica, 20).
- THORNE, D.E.; PETERSON, H.B. **Técnica de riego**. Mexico: Continental, 1965. 487p.
- THUNG, M.; CABRERA, J.L. Manejo de plantas daninhas para melhoria da produtividade do feijão no ecossistema do cerrado. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 5., 1996, Goiânia, GO. **Anais**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1996. v.1. p.489-491. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 69).

APÊNDICE 1 Linhagens de feijoeiro resistentes ao *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli*.
(Schlecht.f.sp. *phaseoli* Kendrick and Snyder).

A 55	Calima	San Cristóbal 83
A 107	Carioca	Sanilac
A 170	Cherokee Wax	Slim Green
A 195	Contender	Suieu
A 295	Durango 222	Tenderette
A 300	Early Gallantine	TIB 30-42
A 301	Ecuador 605	Top Crop
AFR 159	Ecuador 1056	V 8025
AND 286	EMP 81	WAF 4
AND 313	Floresta 5	WAF 9
AND 323	HF 465-63-1	Wisconsin BBSR 130
AND 357	ICA Tundama	XAN 195
Argentino	LM 21525	XAN 112
BAT 336	Manteigão Preto	
BAT 477	Manteigão 41	
BAT 1385	Manteigão Lustroso	
BAT1400	MCD 254	
Bayo Rio Grande	Mortiño	
Branco Uberlândia	Nep Bayo 22	
	Nima Pintado	
	Pintadinho Precoce	
	Processor	
	Rosinha sem cipó	

Fonte: Abawi & Pastor Corrales, 1990.

APÊNDICE 2 Linhagens de feijoeiro resistentes ao *Fusarium solani* (Mart.) Appel and Wollenv. f.p. *phaseoli* (Burk.) Snyder and Hans.

Bico de Ouro	NW-410	PI 312041
Black Turtle Soup	Nw-59	PI 312062
Cahone	NW-590	Pinto U.I. 114
Chimbolo	NW- 63	Pinto Holberg
Cornel 49-242	PI 319606	Porillo 1
Cubagua	PI 312043	Porrillo Sintético
G 6651	PI 312077	Puebla
Gloria	PI 224730	Rio Tibagi
Honduras 46	PI 311987	Roza
ICA Tui	PI 311989	Rufus
Jamapa	PI 311991	Sutter-Pink
Jin 10	PI 312028	Venezuela 54
N.Y. 2114-12	PI 312033	Viva
NEP 2	PI 203958	

Fonte: Abawi & Pastor Corrales, 1990.

APÊNDICE 3 Linhagens de feijoeiro resistentes ao *Macrophomina phaseolina* (Tassi) Goid.

BAT 85	BAT 1400	A 300
BAT 332	BAT 1581	BAT 125
BAT 477	BAT 1651	XR-253-1-1(GP 42)
BAT 868	V 8025	A 70
BAT 1232	EMP 86	A 464
BAT 1289	IPA 1	Rio Tibagi
BAT 1293	San Cristóbal 83	ICA Pijao
BAT 1297	H6 Mulatinho = G	
BAT 1385	5059	
	V 8017	

Fonte: Abawi & Pastor Corrales, 1990.

APÊNDICE 4 Linhagens de feijoeiro resistentes ao *Rhizoctonia solani* (Kühn).

A 477	Uribo Redondo	Cornell 2114-12
BAT 332	Venezuela 54	Porrillo sintético
BAT 1753	PI 165426	Sanilac
RIZ 30	B 3787	Mortiño
EMP 81	PI 284703	Aurora
A 300	PI 958203	Nep 2
ICA Pijao	Frijol de parra	Ecuador 605

Fonte: Abawi & Pastor Corrales, 1990.

APÊNDICE 5 Linhagens de feijoeiro resistentes ao *Sclerotium rolfsii* (Sacc.).

Mexico 348-2	Jamapa	Jin 10 B
Blanco	NEP 2	Porrillo sintético
Frijol de Parra	PI 958203	Rio Tibagi
Diacol Calima	Canario Divex	PI 312033
Cabuagua	ICA Tui	G 06651

Fonte: Abawi & Pastor Corrales, 1990.

APÊNDICE 6 Linhagens resistentes ao *Meloidogyne* spp.

Alabama1	Saginaw	PI 165426
Alabama 2	Wingard Wonder	PI 165435
Alabama 8	Manoa Wonder	PI 313709
G 2587	Ex Rico 23	Nemasnap
G 6278	A 445	Tender Green
G 12727	G 4823	Tender pod
A 211		

Fonte: Abawi & Pastor Corrales, 1990.

APÊNDICE 7 Linhagens resistentes ao Mofo-branco (*Sclerotinia sclerotiorum*) (Lib.) de Bary.

A 51	PI 204717
A 55	PI 417603
Black Valentine	PI 169787
Black turtle soup 3	Porrillo sintético
Cacahuete	Rabia de Gato
Ex Rico 23	Tacaragua,
PI 415965	

Fonte: Abawi & Pastor Corrales, 1990.

APÊNDICE 8 Linhagens de feijoeiro resistentes ao *Fusarium oxysporum* f.sp. *phaseoli* aos isolados oriundos de Belém de São Francisco e Santa Helena de Goiás.

IAPAR 44	FT Tarumã	São José
Milionário 1732	EMCAPA 201 – Serrano	Rico 175

APÊNDICE 9 Linhagens de feijoeiro resistentes ao *Meloidogyne incognita*.

A 445	Nema 89093
Laran Mejorada	Nema 89090

PARTE II

***FATORES ABIÓTICOS
LIMITANTES DA PRODUÇÃO***

1 INTRODUÇÃO

O feijoeiro é uma das culturas mais importantes dentre as leguminosas na América Latina, em muitas regiões da África e em alguns países da Ásia. Tradicionalmente, foi cultivado em todas essas regiões sem irrigação, mas em solos de boa fertilidade. Com a expansão da produção do feijoeiro nesses países para as áreas agrícolas marginais, o uso de fertilizantes tornou-se indispensável. Entretanto, o consumo de fertilizantes químicos nas regiões tropicais para esta cultura é pequeno quando comparado com o das zonas temperadas. A combinação de baixo uso de fertilizantes, solos inférteis e má distribuição de chuvas resulta em baixa produtividade do feijoeiro, cuja média, no Brasil, está em torno de 500 kg/ha (Thung et al., 1991).

Por outro lado, quando a irrigação é viável, o cultivo é feito intensivamente, com alto consumo de insumos, resultando em produções acima de 2,5 t/ha. Nesses dois extremos de situação, sintomas de deficiência nutricional e/ou de toxicidade são encontrados no campo por produtores, extensionistas e pesquisadores. Muitas vezes, os problemas nutricionais são ocasionados por falta ou excesso de um ou mais nutrientes, e a incerteza na determinação do(s) fator(es) aumenta quando se necessita determinar o(s) tipo(s) de deficiência(s) ou de excesso(s) que está(ão) afetando a cultura.

O diagnóstico dos problemas abióticos é mais difícil que o dos problemas bióticos. Os problemas bióticos sempre causam sintomas típicos da doença ou dos danos provocados por pragas, os quais podem ser reconhecidos facilmente por aqueles que são familiarizados com eles. Os problemas abióticos são causados normalmente por vários fatores, que agem simultaneamente e dificilmente produzem sintomas típicos. Para complicar ainda mais a situação, os sintomas variam de acordo com a intensidade da deficiência/toxicidade e o número de elementos tóxicos envolvidos. Por exemplo, os sintomas de toxicidade de alumínio em Oxissolos são normalmente confusos, pois podem ser o resultado de um efeito conjunto de excesso de alumínio em combinação com carências de cálcio e/ou de fósforo. Em solos formados por cinzas vulcânicas, a toxicidade de alumínio é normalmente acompanhada pela toxicidade de manganês. Uma característica típica de um sintoma de deficiência de um elemento pode aparecer no campo somente quando o estresse causado na planta já é bastante severo, embora a deficiência já estivesse presente no início do desenvolvimento da cultura. Outra complicação ocorre quando se trata de doenças viróticas, cujos sintomas se assemelham a diferentes tipos de toxicidade e vice-versa. Um exemplo típico ocorreu no Estado de São Paulo, quando a toxicidade de manganês foi confundida com uma doença virótica (Menten et al., 1981).

As figuras apresentadas neste documento foram, na maioria, tiradas no campo. Porém, há alguns tipos de deficiência que raramente ocorrem isoladamente no campo, como a de cálcio e, nestes casos, houve necessidade de induzi-las em campo para obter os sintomas secundários causados pela falta de calagem. Algumas vezes, os sintomas produzidos em ambientes fechados diferem dos sintomas correspondentes no campo. Por isso, sugere-se que, além das observações minuciosas no campo, se façam entrevistas com os produtores para auxiliar a diagnose dos problemas da cultura. As amostras de tecidos e de solo devem ser coletadas e analisadas antes da caracterização final da anomalia observada. No sentido de não perder a confiança dos produtores por decisões erradas e comentários precipitados, as recomendações e correções devem ser feitas após o conhecimento íntimo das inter-relações dos fatores agrônômicos e nutricionais e, melhor ainda, quando os resultados das análises de solo e de tecido apóiam o diagnóstico e a recomendação.

2 OS PROBLEMAS ABIÓTICOS

2.1 Deficiência e toxicidade

Normalmente, o problema da deficiência nutricional é causado por vários elementos, que agem ao mesmo tempo. Muito raramente ocorre deficiência de um só elemento. Somente em solos arenosos já foi observada deficiência de nitrogênio isolada em feijoeiro, ocorrendo desde o início do crescimento até o final do ciclo. Sem aplicação de adubos nitrogenados em doses adequadas, a planta não cresce normalmente. Em solos ácidos, como os da Região de Cerrado, no Brasil, há um complexo de deficiências e toxicidades, que agem em conjunto. Neste tipo de solo, além da aplicação de calcário para neutralizar as toxicidades - normalmente de alumínio e em poucas ocasiões de magnésio - também é necessário aplicar fertilizantes fosfatados e nitrogenados. Sem essas correções, as plantas de feijoeiro apresentam crescimento raquítico. É bastante difícil identificar o(s) elemento(s) que está (ão) faltando nesta planta raquítica. O excesso de alumínio, que provoca toxicidade, causa redução do sistema radicular e, com poucas raízes, a deficiência de fósforo na planta é agravada, pois é um elemento pouco móvel no solo. Portanto, o conjunto de deficiências e toxicidades provoca a redução do crescimento da parte aérea da planta que, então, mostra aparência raquítica.

O conceito de utilização de plantas mais tolerantes à toxicidade de alumínio é ainda pouco desenvolvido. Até o momento houve identificação de poucos germoplasmas de feijoeiro tolerantes ao alumínio. Mesmo as

cultivares Carioca e Rio Tibagi, classificadas como tolerantes, não mostraram muita diferença em aparência ou crescimento na lavoura, apenas apresentando maior rendimento de grãos devido à sua tolerância moderada à toxicidade de alumínio.

Também há poucos germoplasmas identificados em relação à eficiência de uso do fósforo. Mais recentemente, foram detectados alguns germoplasmas oriundos do Altiplano Andino e do México com melhor capacidade de uso do baixo teor de fósforo disponível no solo, com rendimentos superiores a outras cultivares. Porém, não foi possível utilizar estes germoplasmas diretamente para os produtores, pois são muito suscetíveis à doenças. Até o presente momento, a diferença entre cultivares tolerantes e não-tolerantes, ou eficientes e não-eficientes, só aparece em relação ao rendimento. Outros parâmetros, como taxa de alongação das raízes ou alta atividade da enzima fosfatase, ainda não são confiáveis.

A importância da deficiência de fósforo para a cultura do feijoeiro é muito significativa. Estima-se que aproximadamente seis milhões de hectares de lavouras de feijoeiro na América Latina sofrem deficiência de fósforo, sendo 350 mil ha em áreas irrigadas, 1 milhão ha na região semi-árida do Altiplano do México, 400 mil ha em áreas sub-úmidas da América Central, 250 mil ha em regiões sub-úmidas da Zona Andina, 800 mil ha no Cerrado do Brasil, 2 milhões ha em regiões sub-úmidas do Sul do Brasil e Noroeste da Argentina e 200 mil ha na região do Trópico Baixo e nas margens da Floresta Amazônica.

2.2 Seca

Existem dois tipos de seca, causados pela falta absoluta de chuva ou pela má distribuição das chuvas durante o ciclo de crescimento do feijoeiro. Em geral, a seca atinge quase todas as lavouras de feijoeiro sem irrigação do Brasil, causando flutuações de rendimento e do preço do feijão no mercado. A importância da seca para a produção do feijoeiro só é menor que a do problema da baixa fertilidade do solo.

Os dois tipos de seca não causam prejuízos somente no Brasil, mas também em outros países da América Latina, onde, aproximadamente 60% das lavouras de feijoeiro sofrem seus efeitos. Nesta situação estão 1,5 milhão de ha na Região Nordeste do Brasil e 1 milhão de ha no Altiplano Centro-norte do México.

2.3 Erosão do solo: um problema invisível

A maior perda de nutrientes na cultura do feijoeiro não ocorre através da exportação de nutrientes realizada pela colheita dos grãos, mas, principalmente, devido à erosão do solo. A desordem nutricional é normalmente um problema causado pelo homem, exceto quando a deficiência de um nutriente é inerente ao solo.

Em algumas áreas agrícolas, mesmo sofrendo o efeito danoso da erosão, a produtividade do feijoeiro permanece constante ou crescente por curto espaço de tempo. Esse aumento de produtividade mostra a tolerância daquele solo ao efeito da erosão, conhecido como valor T, de acordo com Universal Soil Loss Equivalent (USLE). A razão da tolerância destes solos ainda não é clara. O valor T termina em um certo ponto e, acima deste, a produtividade não pode ser mais mantida, caindo rapidamente. Nos Estados Unidos, o valor T do solo situa-se entre 4,5 e 11,2 t/ha/ano. Nos trópicos, o valor T não é amplamente conhecido e, no Brasil, somente poucos Estados têm conduzido pesquisas sobre os efeitos da erosão. Os dados preliminares sobre erodibilidade nos Oxissolos e os efeitos da erosão causada pela chuva ainda não são suficientes para estimar o valor T nas condições brasileiras.

O feijoeiro adapta-se bem em clima ameno e, por isso, na agricultura tradicional de subsistência é cultivado em meias-encostas, muitas vezes entre cascalhos e pedregulhos, como cultivo secundário, após arroz ou milho, em cultura de roçado e queima (Figura 1). Como boa prática, esses pequenos agricultores não removem a serrapilheira, mulch ou pedras, com isso, o efeito da erosão tem sido significativamente reduzido (Figuras 2 e 3).

Quaisquer solos, se não apropriadamente manejados, estão sujeitos à erosão. Normalmente, após duas ou mais estações chuvosas, a camada arável da maioria dos solos é erodida (Figura 4), resultando em uma queda brusca da fertilidade do solo e da produtividade. Em solos ondulados, os produtores só detectam a erosão laminar quando percebem os depósitos de terra acumulados nas partes baixas da sua lavoura (Figura 5). Em muitas regiões tradicionalmente produtoras de feijão, as áreas são abandonadas devido à erosão, como no noroeste do Paraná, onde a terra transformou-se em superfície lunar (Figura 6), e em Goiás, onde a erosão produziu grandes voçorocas (Figura 7).

Encontra-se na Tabela 20 a comparação entre o teor de nutrientes de um solo erodido e de amostras de solos comuns coletadas na camada de 0-20 cm.



Fig. 1 Feijoeiro como segunda cultura após arroz, depois da derrubada e queima da floresta.



Fig. 2 Plantio de feijoeiro com boa prática cultural em área declivosa com cobertura morta.

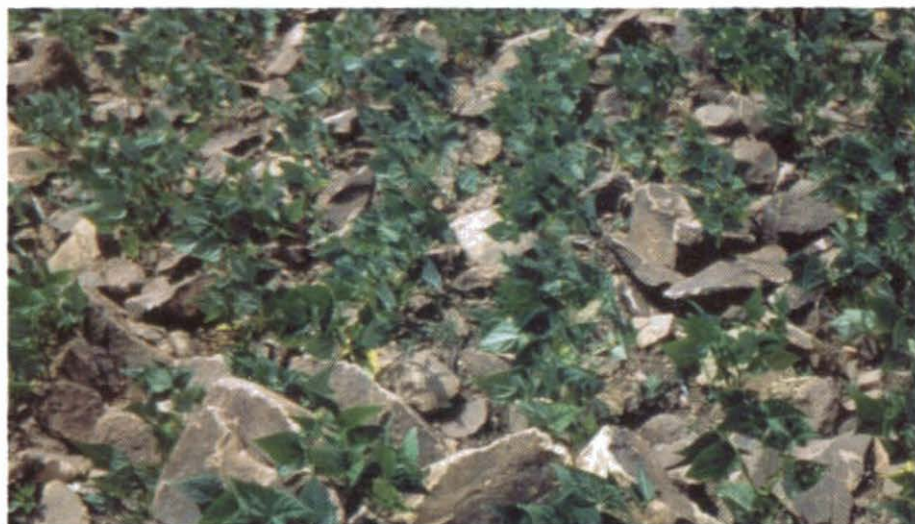


Fig. 3 Pedras e pedregulhos protegendo o solo contra a erosão causada pelo impacto dos pingos de chuva.



Fig. 4 Erosão provocada por plantio de feijoeiro em áreas inclinadas sem proteção do solo.



Fig. 5 Erosão laminar localizada detectada pelo acúmulo de terra nas áreas mais baixas.



Fig. 6 Áreas degradadas do noroeste do Paraná, resultantes do mal manejo do solo.



Fig. 7 Áreas erodidas e abandonadas em Goiás, de difícil recuperação devido à formação de voçoroca.

TABELA 20 Qualidade do solo erodido (Oxissolo) plantado com feijoeiro, com 2% e 8% de declividade, sob 403 mm de precipitação durante um ciclo da cultura, comparado com as características químicas locais de solos não erodidos.

Solo Perdido (kg/ha)	Declividade (%)	Erodido						Não erodido					
		M.O.* (%)	P	K	Ca	Mg		M.O.* (%)	P	K	Ca	Mg	
			ppm						ppm				
33	1	4,0	19,8	53	560	348		1,5	4,3	45	560	212	
226	8	1,8	2,3	62	600	180		1,6	1,6	40	710	426	

Pode-se observar que os solos erodidos, na camada de 0-20 cm, contêm mais nutrientes e matéria orgânica que os não erodidos. Isso significa que as camadas subsuperficiais possuem reservas maiores que as superficiais e não foram tão prejudicadas pelo efeito da erosão. Com o decorrer do tempo, a fertilidade desta camada pode cair, havendo queda simultânea de produtividade.

No Brasil, a produção total de feijão pode ser mantida em torno de 2,8 milhões t/ano, somente com a expansão da área plantada. Em campos não irrigados, a produtividade do feijoeiro declinou de 1.000 kg/ha, em 1970, para valores inferiores a 500 kg/ha, em 1991. Durante os anos 70, a redução na produtividade do feijoeiro foi causada pelo deslocamento das áreas de produção das regiões tradicionalmente férteis para as áreas marginais, devido à rápida expansão da produção de soja. Na década de 80, novas cultivares foram lançadas, substituindo as tradicionais, pouco adaptadas a solos ácidos e inférteis. Mesmo com cultivares melhoradas, a produtividade continuou decrescendo. A razão desse declínio é o efeito da erosão e o uso de práticas culturais inadequadas, especialmente no preparo do solo.

O sistema de plantio irrigado tornou-se popular nos anos 80, em regiões onde as temperaturas no inverno não ficam abaixo de 10°C. Neste tipo de sistema, o feijoeiro é cultivado intensivamente utilizando-se alto investimento, e a produtividade varia de 2.500 a 3.000 kg/ha. Após alguns anos, a produtividade tem declinado, mesmo com o aumento dos insumos químicos. Esta queda é atribuída à compactação do solo, formação de pé-de-grade e perda de matéria orgânica, além do aumento significativo da incidência de fungos e pragas. O começo da degradação do solo não é percebido pelos agricultores, porque ocorre de forma gradual, através de erosão laminar causada pela água das chuvas (Figura 8). O terraceamento e o cordão em contorno podem reduzir significativamente a erosão do solo; mesmo assim, a erosão ainda ocorre devido à precipitação na estação chuvosa em solos sem vegetação ou sem cultura de cobertura.

A política oficial que estimula o produtor a utilizar práticas de conservação do solo é considerada incipiente para que ocorra um controle racional da erosão.

O preparo do solo inadequado, realizado com grade de disco, contribui significativamente para a desagregação do solo, acelerando o processo de erosão. O plantio com cultivo mínimo está sendo implementado, mas não pode ser executado em todos os tipos de solos. Para utilização do cultivo mínimo, o solo deve ter sua fertilidade corrigida com calcário e fertilizantes, após o conhecimento de sua aptidão agrícola, devendo-se utilizar práticas culturais adequadas. Alguns proprietários relutam em adotar o cultivo mínimo devido ao alto preço dos herbicidas e às perdas de produtividade no primeiro e no segundo

ano, além de terem pouca experiência com o uso de herbicidas e desconhecerem o efeito residual sobre as culturas subseqüentes. É necessária uma boa divulgação, através do serviço de extensão, para ajudar os agricultores adotarem essas técnicas, mas poucos extensionistas estão preparados para administrar todo o complexo que envolve as práticas culturais mínimas.

A erosão do solo não acontece somente na América Latina, mas em qualquer lugar do mundo, incluindo os países desenvolvidos. A diferença reside na assistência técnica e na consciência dos proprietários em cada país. Nos países em desenvolvimento, os proprietários agroindustriais querem conseguir lucro máximo no mais curto período de tempo e, se a terra está exaurida, o agricultor muda para outra área. Isso é possível quando há terras ainda disponíveis. Porém, a abertura de novas áreas através de derrubada e queima de florestas primárias e secundárias (Figura 9) está sendo restringida. Assim, os produtores sem recursos são forçados a trabalhar nas terras disponíveis. Deste modo, o conhecimento sobre o controle da erosão e a utilização de práticas culturais de conservação ainda no campo sujo tornam-se imperativos.



Fig. 8 Erosão laminar morro abaixo.



Fig. 9 Método de derrubada e queima. Uma prática cultural popular, mas prejudicial ao ambiente, realizada por agricultores sem maquinário.

3 REQUERIMENTOS NUTRICIONAIS DO FEIJOEIRO

O entendimento da função de cada nutriente ou elemento essencial nos processos fisiológicos da planta ajuda a definir e a caracterizar melhor os sintomas de deficiência. Os nutrientes inorgânicos essenciais à planta são divididos em quatro grupos, mostrados a seguir.

3.1 Nutrientes essenciais

3.1.1 Elementos estruturais: C, H, O, N, P e S

Carbono, hidrogênio, nitrogênio e oxigênio constituem mais de 96% do peso seco da planta. O nitrogênio e o fósforo são os fatores mais limitantes da produção do feijoeiro e, normalmente, são aplicados com os fertilizantes (Thung, 1990); o hidrogênio e o oxigênio derivam da água e o carbono do CO₂ do ar. A deficiência de enxofre é ainda rara na maioria das áreas onde se cultiva o feijoeiro.

3.1.2 Ativadores de enzimas : K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} , Mn^{2+} e Zn^{2+}

Esses são íons metálicos necessários como cofatores de algumas enzimas. Constituem os componentes não protéicos das enzimas. A associação entre os cofatores e as enzimas é essencial para a atividade enzimática normal. Na ausência do íon inorgânico requerido, a atividade dessas enzimas pode reduzir-se a zero.

O cofator pode trabalhar mantendo a concentração iônica no ambiente, como, por exemplo, potássio, cálcio e manganês, ou ligando o substrato com a enzima, como magnésio e zinco.

Se o cofator compõe a ligação orgânica é chamado de coenzima.

3.1.3 Agentes redutores: Fe^{3+} , Cu^{2+} e Mo^{5+}

Esses três elementos regulam a liberação de energia da fotossíntese ou da respiração, gradualmente, através do processo de redução e/ou oxidação. Além dessas funções, o ferro é também um componente do citocromo; o molibdênio é um componente da leg-hemoglobina e está envolvido na redução de nitrato a amina e também na fixação biológica de nitrogênio atmosférico, na qual o cobalto também está envolvido.

3.1.4 Funções não-específicas: B , Na , Cl e Si

O boro está envolvido ativamente na divisão celular, no crescimento e na formação da parede celular, na síntese de proteínas e no transporte e fosforilação dos carboidratos. Tem também importante função na lignificação e diferenciação do xilema e no transporte de sacarose através da membrana celular. A deficiência de boro reduz a fase de elongação das raízes primárias e secundárias, sendo a parte aérea igualmente afetada (Lewis, 1980).

A função do sódio não está clara, mas em concentrações superiores a 5 ppm reduz o crescimento do feijoeiro cultivado em solução nutritiva (Debouck, 1976).

O cloro é um elemento essencial, mas em alta concentração também pode reduzir o crescimento do feijoeiro.

Os silicatos têm importância comprovada na resistência do arroz a certas pragas, mas no feijoeiro sua função ainda não está definida.

3.2 Teor de nutrientes absorvidos, taxas de absorção e de exportação

Os nutrientes são absorvidos pelo feijoeiro em um certo nível de oxidação ou nas formas iônicas. Somente o nitrogênio pode ser absorvido como óxido (NO_3^-) e na forma hidratada (NH_4^+). Os nutrientes essenciais e suas formas disponíveis para as plantas podem ser observados na Tabela 21.

Os teores de nutrientes no feijoeiro variam significativamente dependendo da idade da planta, da parte da planta e da prática cultural utilizada. Sabe-se que a concentração dos elementos nitrogênio, fósforo, potássio e cobre nas folhas aumenta até o período de floração e posteriormente diminui, o contrário acontecendo com a concentração de cálcio (Tabela 22). O teor de enxofre nas folhas, em casa de vegetação, aumenta até a floração e depois decresce proporcionalmente no transcurso do ciclo da cultura, enquanto, no campo, a concentração de enxofre cresce até o final do ciclo (Cobra Netto, 1967). Na África, Wortmann et al. (1992) relatam que a concentração de nitrogênio, fósforo e potássio nas folhas aumenta até três a cinco semanas após o plantio e depois diminui. A concentração de cálcio aumenta até o final do ciclo. A concentração de magnésio diminui com a idade, ao contrário dos dados obtidos por Cobra Netto (1967), em trabalhos realizados em casa de vegetação. As folhas mais jovens, onde o metabolismo é mais ativo, têm normalmente maior concentração de nutrientes que as folhas das partes mais baixas, e os pecíolos têm menos nutrientes que as folhas (Tabela 23). As plantas e as sementes de feijoeiro obtidas com diferentes práticas culturais diferem no teor de nutrientes (Tabela 24). Em geral, o teor de nutrientes da raiz é mais baixo que o da parte aérea em todos os estádios de crescimento, e as diferentes cultivares mostram pouca diferença no conteúdo de nutrientes (Tabela 25), quando a amostragem para análise é realizada em cultivares da mesma raça mesoamérica de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). A taxa de absorção dos nutrientes pelo feijoeiro começa lentamente e aumenta com o desenvolvimento da planta. A taxa de absorção mais alta ocorre durante o florescimento, declinando na fase generativa. A translocação de nutrientes para as vagens aumenta neste período (Tabela 26). Durante o florescimento, o feijoeiro absorve aproximadamente 100 kg de N, 10 kg de P, 70 kg de K, 50 kg de Ca, 13 kg de Mg e 13 kg de S; com esta quantidade de nutrientes absorvidos, a planta pode alcançar boa produtividade. Em condições de casa de vegetação, a absorção de nutrientes é quase duas vezes maior que a absorção da planta cultivada no campo (Tabela 27). Somente um terço dos nutrientes absorvidos durante o florescimento é retirado do campo através das sementes (Tabela 28). A relação entre os teores de nitrogênio, fósforo, potássio, enxofre, cálcio e magnésio é relativamente constante, tanto nas plantas no estádio de florescimento, como nas sementes.

TABELA 21 Forma química dos elementos absorvidos pela planta.

Elemento		Forma disponível
Óxidos		
C	Dióxido de carbono	CO_2
H	Hidrogênio	H_2O
O	Oxigênio	H_2O
N	Nitrato	NO_3^- , NH_4^+
S	Sulfato	SO_4^{2-}
P	Fosfato	H_2PO_4^- , HPO_4^{2-}
Mo	Molibdato	MoO_4^{2-}
B	Borato	BO_3^- , $\text{B}_4\text{O}_7^{2-}$
Íons metálicos		
K	Potássio	K^+
Ca	Cálcio	Ca^{2+}
Mg	Magnésio	Mg^{2+}
Fe	Ferro	Fe^{2+}
Mn	Manganês	Mn^{2+}
Cu	Cobre	Cu^{2+}
Zn	Zinco	Zn^{2+}
Haletos		
Cl	Cloreto	Cl^-
Hidrato		
N	Amônio	NH_4^+

TABELA 22 Teores de nutrientes em folhas de feijoeiro de acordo com a idade da planta (período de floração entre 40 e 45 dias).

Ele- mento	Dias após a germinação						
	20	30	40	50	60	70	
(1)	----- (%) -----						
N	4,04	3,97	3,28	3,96	2,63	2,54	
P	0,39	0,36	0,31	0,37	0,33	0,20	
K	3,38	2,78	2,48	2,84	2,32	1,98	
(2)	20	30	40	50	60	70	80
N	4,90	4,48	1,68	2,94	2,10	2,10	1,96
P	0,32	0,23	0,25	0,16	0,16	0,13	0,14
K	3,50	3,40	3,40	2,25	2,40	2,00	1,20
Ca	1,76	2,24	4,04	4,00	4,40	4,40	3,40
Mg	0,33	0,32	0,34	0,34	0,35	0,32	0,30
S	0,38	0,40	0,62	0,34	0,36	0,40	0,44
(3)	15	25	34	46	56	66	77
N	4,69	4,48	3,76	3,36	3,57	3,01	2,87
P	0,44	0,27	0,32	0,35	0,30	0,16	0,15
K	3,87	3,65	3,12	3,62	3,82	2,67	1,60
Ca	1,99	2,92	2,82	1,04	2,64	2,58	2,96
Mg	0,54	0,57	0,39	0,33	0,76	0,63	0,66
S	0,59	0,64	0,59	0,56	0,74	0,81	0,74
	----- (ppm) -----						
(4)	10	20	30	40	50	60	
B	47	56	41	48	23	46	
Zn	44	57	50	55	37	41	
Cu	16	29	11	14	9	12	
Mn	172	187	136	159	123	212	

(1) Adaptado de Barbosa Filho (1977). Experimento de campo.

(2) Haag et al. (1967). Experimento em casa de vegetação.

(3) Cobra Netto (1967). Experimento de campo.

(4) Batista (1974). Experimento de campo.

TABELA 23 Composição nutricional das folhas e dos pecíolos, em três diferentes posições na planta, da cultivar de feijoeiro G 4000, em oxissolo do Brasil.

Posição da	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Fe	Mn	Cu
folha na planta	%					ppm					
	FOLHAS										
Ápice ¹	5,54	0,51	2,48	1,58	0,38	-	21,0	47	1.139	72	19,7
Mediana ²	4,82	0,32	2,64	2,57	0,47	-	31,0	34	801	101	14,6
Baixaíra ³	3,42	0,21	2,28	4,04	0,54	-	35,0	27	3.540	165	13,7
	PECÍOLOS										
Ápice ¹	2,52	0,24	3,96	1,34	0,24	-	34,0	33	497	35	10,1
Mediana ²	1,34	0,13	4,84	1,78	0,28	-	29,0	20	296	34	7,6
Baixaíra ³	1,40	0,14	6,37	1,99	0,29	-	37,0	25	1.041	59	8,7

¹ 2ª e 3ª trifolioladas.

² Intermediárias

³ Folhas velhas.

Fonte: Dados não publicados do primeiro autor.

TABELA 25 Teores de nutrientes nas raízes e nas folhas de diferentes cultivares de feijoeiro.

Cultivar	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Fe	Cu	Mn	Al
	%					ppm						
Folhas												
Puebla 152 ⁽¹⁾	2,74	0,21	0,63	0,47	0,49	0,36	5,5	45,4	133	25,2	350	200
ICA Pijao ⁽¹⁾	2,04	0,17	0,47	0,39	0,28	0,28	4,0	30,2	158	19,2	118	260
A 283 ⁽²⁾	2,21	0,20	0,75	0,36	0,35	0,29	5,0	40,0	212	17,2	242	480
G 5054 ⁽³⁾	2,35	0,17	0,54	0,35	0,37	0,28	4,0	31,9	186	21,0	157	200
A 268 ⁽²⁾	1,85	0,18	0,54	0,44	0,48	0,32	5,5	33,8	156	18,6	337	280
Rico 23 ⁽⁴⁾	1,82	0,13	0,62	0,40	0,37	0,27	5,0	34,2	124	29,3	287	260
Raízes												
Puebla 152 ⁽¹⁾	2,52	0,12	0,85	0,28	0,48	0,22	7,0	47,6	397	11,9	128	780
ICA Pijao ⁽¹⁾	1,68	0,15	0,64	0,42	0,39	0,48	10,0	25,0	1.586	13,9	92	2.460
A 283 ⁽²⁾	1,60	0,11	0,94	0,38	0,52	0,48	10,0	26,7	923	6,8	133	1.640
G 5054 ⁽³⁾	1,79	0,12	0,78	0,29	0,42	0,32	7,5	20,8	690	11,4	90	1.550
A 268 ⁽²⁾	1,79	0,11	0,60	0,27	0,50	0,31	7,5	25,3	2.009	8,4	102	3.420
Rico 23 ⁽⁴⁾	1,74	0,11	0,90	0,32	0,48	0,34	8,0	18,0	522	12,4	104	1.420

⁽¹⁾ Preto. ⁽²⁾ Carioca ⁽³⁾ Mulatinho ⁽⁴⁾ Branco.

Fonte: Dados não publicados do primeiro autor.

TABELA 24 Influência de diferentes tratamentos nos teores de nutrientes em diferentes partes da planta do feijoeiro.

Tratamento	N	P	K	Ca	Mg	S	B	Zn	Mo	Fe	Cu	Mn	Al	Parte
	%					ppm								
Nenhum ⁽¹⁾	5,65	0,11	4,16	2,39	0,34									Folha
NPK + calcário	2,95	0,13	3,68	3,31	0,91									Folha
Nenhum	2,65	0,14	0,60	0,42	0,10									Raiz
NPK + calcário	1,68	0,13	1,36	0,59	0,22									Raiz
Sem toxicidade pH ⁽²⁾	5,24	0,36	2,00	3,64	0,58	0,31	13	46	0,40	359	8	564	530	Aérea
Toxicidade de Mn	7,26	0,30	2,67-	2,21-	0,44-	0,44-	14-15	60-	0,43-	505-	6-	4.261-	1.112-	Aérea
pH (variação)	7,95	0,31	3,65	2,42	0,43	0,46	15	63	0,45	706	8	4.512	1.507	Aérea
Nível de água a 30 cm ⁽³⁾	3,50	0,24	1,19	2,39	0,67					250		129		Aérea
Nível de água a 60 cm	2,82	0,20	1,42	2,08	0,50					228		124		Aérea
Nível de água a 90 cm	3,22	0,21	1,81	2,21	0,48					228		111		Aérea
NP ⁽⁴⁾	3,1	0,29	2,6	2,3	0,43		26	46		691	10	131		Folha
NP + calcário	3,4	0,33	2,8	2,5	0,45		32	51		626	8	122		Folha
⁽⁵⁾	2,94	0,16	2,25	4,00	0,24	0,34								Folha
	1,40	0,12	3,00	1,36	0,34	0,66								Caule
	2,38	0,14	3,60	1,40	0,24	0,62								Raiz
⁽⁶⁾	3,57	0,30	3,82	2,64	0,76	0,74								Folha
	1,68	0,11	2,10	1,60	0,24	0,71								Caule
	1,75	0,15	1,80	1,83	0,43	0,96								Raiz
Sem calcário ⁽⁷⁾	3,45	0,39	1,80	0,13	0,17					110				
Com calcário 4t/ha	3,54	0,38	1,88	0,13	0,17					120				
Sem P	3,75	0,33	1,80	0,13	0,17					110				
Com 150 kg de P ₂ O ₅ /ha	3,36	0,42	1,89	0,14	0,17					100				
Sem P	3,46	0,39	1,84	0,13	0,18					110				
Com 60 kg de N/ha	3,45	0,38	1,82	0,13	0,17					120				

⁽¹⁾ Muzilli & Godoy (1977).
⁽⁶⁾ Cobra Netto (1967).

⁽²⁾ Malavolta (1985).
 Experimento de campo.

⁽³⁾ Silveira (1987).
⁽⁷⁾ Mascarenhas et al. (1969).

⁽⁴⁾ Feitosa et al. (1980).

⁽⁵⁾ Haag et al. (1978). Na floração, em casa de vegetação.

TABELA 26 Taxa de absorção de fósforo (kg/ha/dia) pelo feijoeiro durante seu ciclo de crescimento em estande com 250.000 plantas/ha.

Dias após a emergência	Total	Folha	Caule	Flor	Vagem	Raiz
0 - 15	0,27	0,19	0,06	-	-	0,02
15 - 25	0,63	0,47	0,10	-	-	0,06
25 - 34	2,17	1,78	0,3	-	-	0,09
34 - 46	4,39	3,26	0,64	0,40	-	0,09
46 - 56	6,53	4,60	0,58	0,15	1,05	0,15
56 - 66	2,86	0,65	0,33	-	1,84	0,04
66 - 77	3,97	0,11	0,18	-	3,66	0,02

Fonte: Adaptado de Cobra Netto (1967).

TABELA 27 Absorção total de nutrientes pelo feijoeiro.

Densidade de plantio	N	P	K	S	Ca	Mg
	----- kg/ha -----					
250.000 ⁽¹⁾	102	9	93	26	54	18
	1,00	0,09	0,91	0,26	0,53	0,18
⁽²⁾	84	7	68	6	34	11
	1,00	0,08	0,81	0,07	0,41	0,13
200.000 ⁽³⁾	81	7	62	-	57	10
	1,00	0,09	0,76	-	0,70	0,12
250.000 ⁽⁴⁾	201	18	201	36	117	36
	1,00	0,09	1,00	0,18	0,58	0,18
Relação entre nutrientes	1,00	0,09	0,83	0,17	0,55	0,14

⁽¹⁾ Cobra Netto (1967). Experimento de campo.

⁽²⁾ Gallo & Miyasaka (1961). Experimento de campo.

⁽³⁾ Feitosa et al. (1980). Experimento de campo.

⁽⁴⁾ Haag et al. (1967). Experimento em casa de vegetação.

TABELA 28 Nutrientes extraídos do campo pelo feijoeiro, com produção de 1.000 kg/ha de grãos.

	N	P	K	S	Ca	Mg
Referência	kg/ha					
Cobra Netto (1967)	34,2 (1,00)	3,4 (0,10)	20,3 (0,59)	8,8 (0,26)	4,1 (0,12)	4,1 (0,12)
Haag et al. (1967)	37,2 (1,00)	3,6 (0,10)	22,0 (0,59)	9,5 (0,26)	4,4 (0,12)	4,4 (0,12)
Feitosa et al. (1980)	22,0 (1,00)	3,9 (0,18)	13,2 (0,60)	- -	3,0 (0,14)	2,0 (0,09)
Mascarenhas et al. (1969)	35,4 (1,00)	3,8 (0,11)	18,7 (0,52)	- -	1,3 (0,04)	1,7 (0,05)
Média dos nutrientes retirados	32,2	3,7	18,6	9,2	3,2	3,1
Relação en- tre nutrientes	1,00	0,11	0,58	0,29	0,10	0,10

3.3 Mobilidade dos nutrientes na planta

Quando se tenta diagnosticar a causa da deficiência nutricional, a posição dos sintomas nas folhas é importante para se obter uma conclusão correta. Os três locais típicos onde os sintomas são melhor caracterizados estão representados nos diagramas da Figura 10.

O diagrama **A** mostra os sintomas de deficiência que aparecem nas folhas mais velhas e que se tornam menos marcantes em direção ao topo. Isso sugere que o nutriente é altamente móvel dentro da planta e não forma nenhum constituinte essencial ao metabolismo. Como exemplo, pode-se citar o potássio.

O diagrama **B** mostra os sintomas de deficiência que aparecem quase com igual severidade tanto nas folhas novas como nas velhas. De vez em quando, as folhas mais velhas exibem um grau mais severo, mas a diferença

é mínima. Isso significa que o nutriente em deficiência está envolvido diretamente nos processos metabólicos. Como exemplos, citam-se o nitrogênio, o fósforo, o enxofre e o magnésio.

O diagrama C mostra os sintomas de deficiência que aparecem principalmente nas folhas superiores. Isso indica que o elemento pode ser translocado facilmente dentro da planta mas, uma vez transformado em constituinte da célula, não pode ser retranslocado. Como exemplos, citam-se o boro e o cálcio.

Os três diagramas da Figura 10 ajudam a diagnosticar os sintomas. Esse tipo de deficiência foliar ocorre somente quando a planta sofre deficiência ao longo de seu ciclo de vida devido à falta absoluta de um determinado elemento no solo. Algumas deficiências ocorrem em curto período de tempo, como, por exemplo, durante uma seca temporária. Neste caso, os sintomas são menos severos porque, nas fases iniciais de crescimento, a planta já absorveu quantidade suficiente do nutriente que, neste momento, está temporariamente indisponível. Conhecendo a posição onde ocorrem os sintomas, o pesquisador tem em mãos os primeiros recursos para a identificação das deficiências.

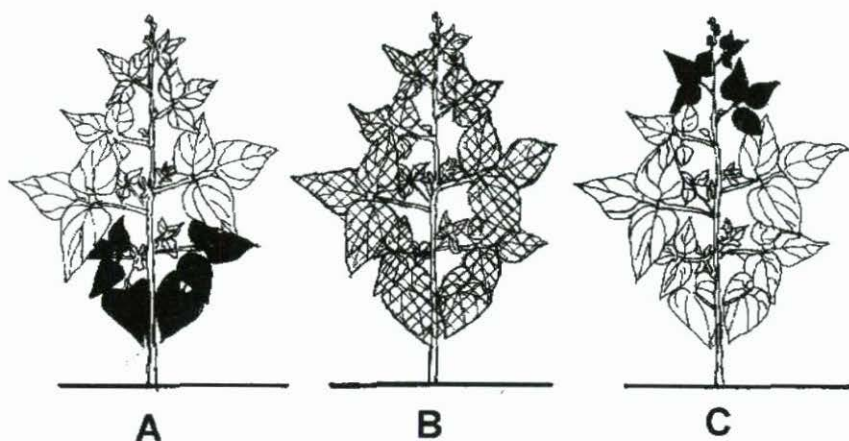


Fig. 10 Diagramas mostrando as possibilidades de localização dos sintomas de deficiência na planta.

4 DIAGNOSE

A diagnose da deficiência nutricional é a técnica utilizada para reconhecer os sintomas de desordens nutricionais, definir a natureza da deficiência e decidir sobre a correção nutricional para a planta.

Na lavoura do feijoeiro, as plantas podem apresentar folhagem saudável, ainda que um dos nutrientes não esteja suficientemente disponível para a planta. Esta indiferença da planta ao nutriente em carência é conhecida como fome disfarçada ou oculta, e o sintoma de deficiência é difícil de ser detectado. Quando um sintoma vem a ser visível, a deficiência já está em etapa avançada, prejudicando o desenvolvimento da planta e a produção. Os sintomas, sejam de deficiência ou de toxicidade, variam com a intensidade dessas ocorrências e o número de nutrientes envolvidos. Os de toxicidade dificilmente ocorrem isoladamente. A toxicidade de alumínio ocorre normalmente em conjunto com a deficiência de cálcio e de fósforo. O excesso de nutriente aplicado para corrigir uma deficiência pode induzir outra deficiência nutricional.

As análises químicas de tecidos e de solo devem ser feitas antes de se fazer qualquer recomendação de correção, devendo ser realizadas também em plantas sem sintomas, com tecidos de partes de plantas saudáveis colhidas na mesma posição. Comparando-se estes resultados, pode-se fazer uma recomendação de correção.

4.1 Diagramas importantes para facilitar o diagnóstico no campo

As Figuras 11, 12, 13, 14 e 15 apresentam diagramas que podem ajudar a organizar as observações de campo, evitando conclusões erradas e precipitadas e a perda da confiança dos agricultores.

A Figura 11 mostra os problemas que podem ocorrer entre o plantio e a emergência do feijoeiro. A Figura 12 mostra os problemas que podem ocorrer desde a emergência até a abertura do primeiro par de folhas trifolioladas. A Figura 13 mostra os problemas que podem ocorrer desde a abertura do primeiro par de folhas trifolioladas até o florescimento. A Figura 14 mostra os problemas que podem ocorrer desde o florescimento até a maturação fisiológica. A Figura 15 mostra os problemas que podem ocorrer desde a maturação fisiológica até à colheita.

O profissional deve visitar o campo várias vezes para acompanhar os sintomas de desordens nutricionais, pois, os mesmos podem mudar suas características rapidamente.

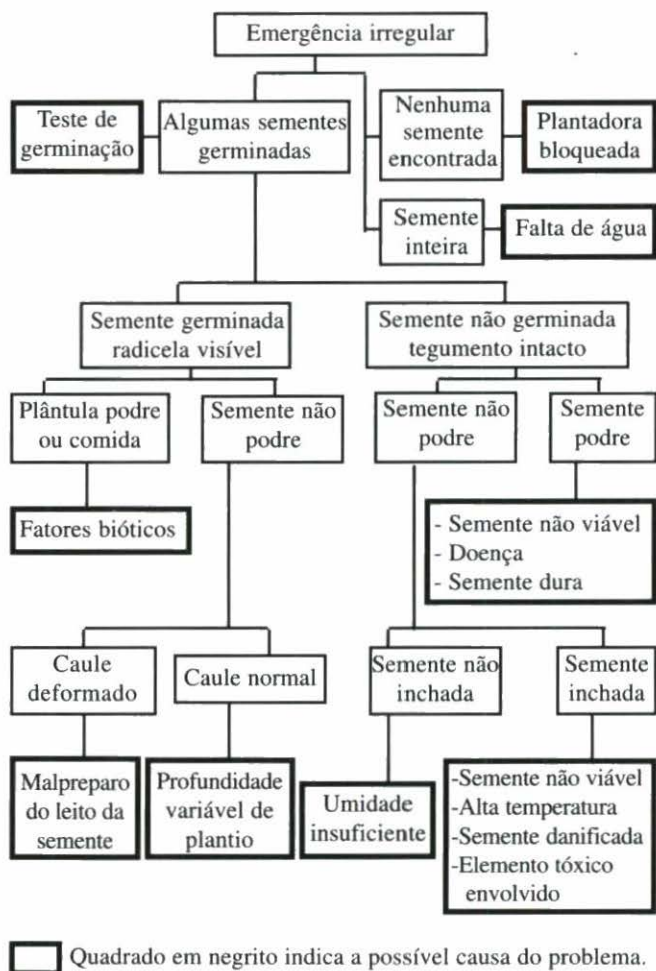


Fig. 11 Esquema de identificação de problemas que podem ocorrer desde o plantio até a emergência do feijoeiro.

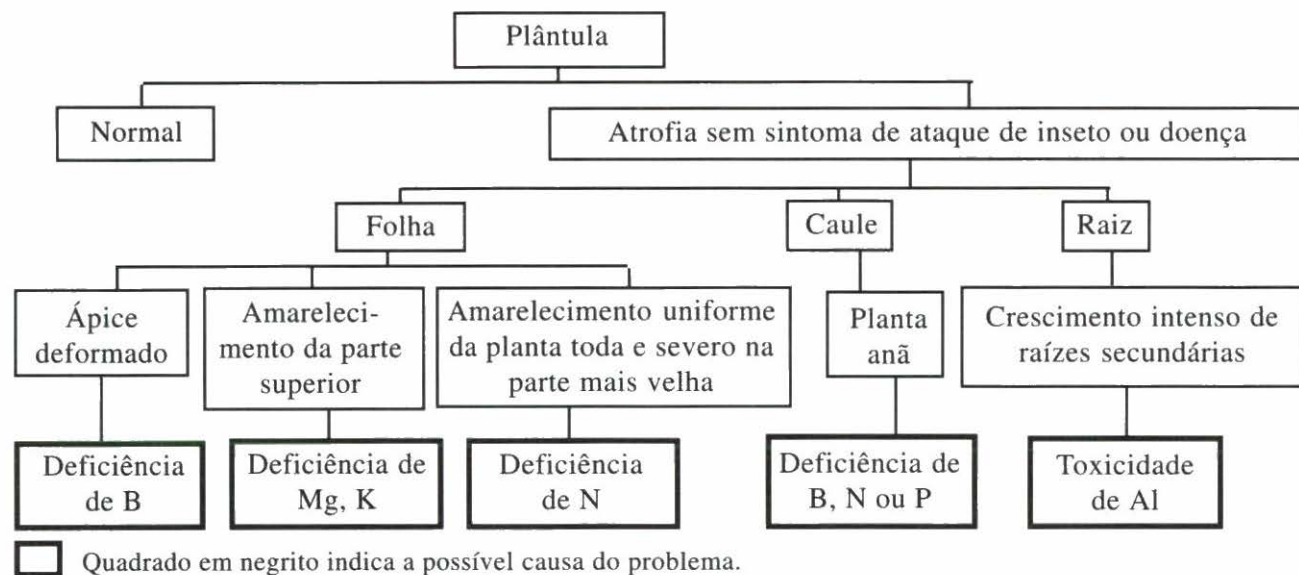


Fig. 12 Esquema de identificação de problemas que podem ocorrer desde a emergência até a abertura do primeiro par de folhas trifolioladas do feijoeiro.



□ Quadrado em negrito indica a possível causa do problema.

Fig. 13 Esquema de identificação de problemas que podem ocorrer desde a abertura do primeiro par de folhas trifolioladas até o florescimento do feijoeiro.

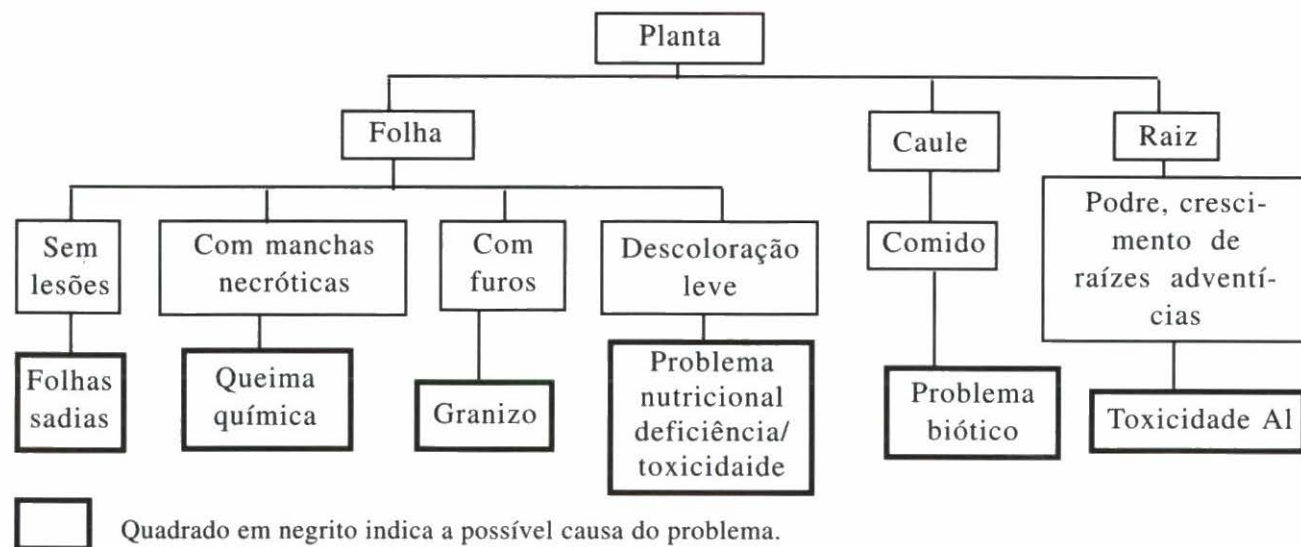


Fig. 14 Esquema de identificação de problemas que podem ocorrer desde o florescimento até à maturação fisiológica do feijoeiro.



 Quadrado em negrito indica a possível causa do problema.

Fig. 15 Esquema de identificação de problemas que podem ocorrer desde a maturação fisiológica até a colheita do feijoeiro.

4.1.1 Passos que devem ser observados no campo e pontos estratégicos de entrevistas com o produtor

a) Preparo do solo/aração, compactação do subsolo

Solos mal preparados podem causar vários problemas nos estádios iniciais de crescimento do feijoeiro. Quando esta cultura é plantada em áreas com subsolo compactado, pode sofrer déficit hídrico mais rapidamente que quando plantada em solos bem preparados em profundidade. Quando o solo está muito compactado na superfície e quase não tem estrutura, pode-se assumir que o teor de matéria orgânica está muito baixo.

b) pH e teor de alumínio

Quando o pH do solo é conhecido antes que a diagnose seja realizada, a caracterização do problema é facilitada, uma vez que se conhece o efeito da acidez na disponibilidade dos nutrientes. Alguns tornam-se rapidamente disponíveis com o aumento de pH, enquanto outros têm sua disponibilidade diminuída (Figura 16).

A capacidade de troca catiônica deve estar em torno de 60%.

O teor de alumínio em torno de 0,6 meq/100 ml de solo já pode causar toxicidade, especialmente se o teor de matéria orgânica estiver abaixo de 2%. O manganês pode ser tóxico em alguns solos com baixos teores de matéria orgânica, especialmente após pesado e prolongado período chuvoso.

c) Rotação de culturas

O produtor deve ser inquirido sobre o uso de rotação de culturas. Se plantou outra cultura naquele solo, antes da que se encontra naquele momento no campo, deve-se verificar o efeito residual da primeira sobre a nova cultura implantada. Normalmente, a rotação permite melhor crescimento das plantas e melhor produção de grãos que seqüências de feijão após feijão.

d) Aparência do campo

Deve-se procurar saber do produtor se os sintomas apareceram recentemente ou se já tinham sido observados antes. Se já ocorreram anteriormente, saber qual a cultura que sofreu mais. Se os sintomas apareceram recentemente, podem ter sido causados por problemas bióticos,

tais como doenças, vírus ou insetos. Usar lente de aumento para observar a natureza dos sintomas nas folhas. Verificar se as condições climáticas da época apresentaram grandes variações em relação ao passado.

Perguntar se os sintomas têm sido observados por um longo período de tempo e se são comuns na região. A maioria dos produtores pode pensar que os sintomas são normais na cultura, quando, na realidade, está ocorrendo uma desordem nutricional. Os sintomas de toxicidade de manganês, por exemplo, são normalmente ignorados por produtores em várias regiões e, em menor grau, os de fósforo.

Quando os sintomas aparecem somente em determinados campos do agricultor e não estão generalizados nas circunvizinhanças, deve-se dar atenção às práticas culturais desta época. Verificar entre os produtores quais os fertilizantes e herbicidas usados neste semestre, e tentar também identificar os diferentes tipos de manejo de solo usados nos diferentes semestres.

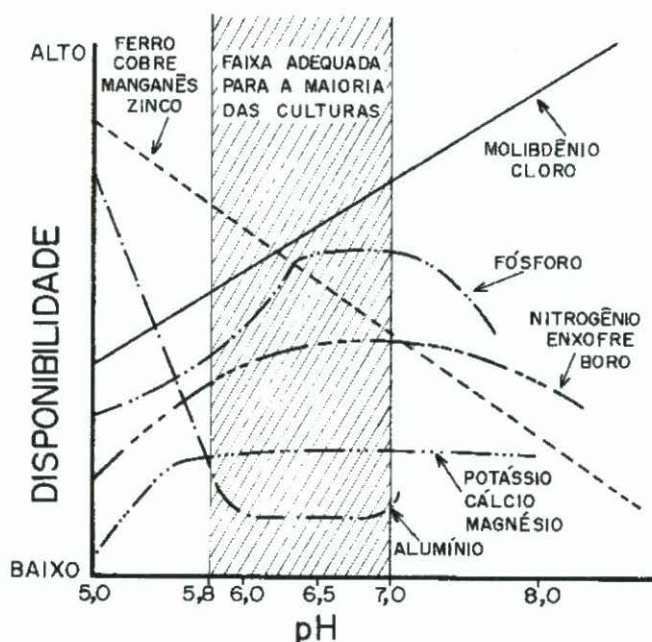


Fig. 16 Influência do pH do solo sobre a disponibilidade dos nutrientes. Adaptado de Lopes (1989).

e) Aplicação de fertilizantes

As plantas no campo adubado devem ter crescimento uniforme. Se existirem faixas ou manchas deve ter ocorrido má aplicação de adubos ou de calcário. Manchas irregulares no campo podem ser causadas por inundação temporária (as plantas da parte alta do campo têm aparência melhor que as da parte baixa).

f) Manejo de proteção da planta

Os agricultores tendem a usar doses mais elevadas que a recomendada, especialmente quando se trata de um novo produto químico. Doses elevadas podem causar desde uma ligeira queima até a necrose das folhas.

g) Observações de campo e informações requeridas no momento da visita

- Verificar se o número de plantas é homogêneo e se a altura das plantas é uniforme.

- Verificar se há excessivo crescimento de plantas daninhas e incidência de doenças e pragas.

- Verificar se há sinais característicos de estresse de água nas áreas mais altas do campo. A lavoura pode apresentar amarelecimento nas áreas baixas, devido ao excesso de água, havendo, simultaneamente, um desenvolvimento normal das plantas nas lombadas ou nas partes mais altas do terreno. Este excesso de umidade deve-se ao malpreparo do solo, que facilita o acúmulo de água nas áreas mais baixas.

- Verificar o padrão de chuvas após o plantio. Manchas irregulares podem ser causadas por inundações temporárias; nestas condições, os feijoeiros plantados nas lombadas mostram-se melhores que os plantados em torno delas.

h) Sintomas de desordens

Verificar se os sintomas de desordens ocorrem em manchas, faixas ou espalhados em todo o campo. Em lavouras irrigadas por pivô central, os proprietários tendem a depositar o calcário ao longo da estrada principal do pivô. Doses maciças de calcário podem induzir deficiências de micronutrientes, como, por exemplo, de manganês e boro, limitadas às manchas onde o calcário foi depositado.

A distribuição do calcário deve ser feita em tempo conveniente, isto é, no mínimo três meses antes do plantio. A produção pode ser estimada seguindo-se o procedimento do Apêndice 1.

4.2 Técnicas de amostragem de solo e de planta para análises de laboratório

A maioria dos problemas de análise de tecidos ou de solos deve-se a erros de procedimento na amostragem do solo, contaminação durante o transporte do campo para o laboratório e durante o preparo da amostra (secagem, moagem, peneiramento, etc). O tempo e o método de secagem afetam os resultados dos testes para pH, nitrogênio mineralizável (Keeney & Bremner, 1966), potássio (Luebs et al., 1956), fósforo e enxofre (Searle & Sparling, 1987).

Devem-se tomar alguns cuidados especiais para reduzir os erros de amostragem, principalmente para a análise de micronutrientes. Não tomar amostras de folhas próximas ao solo ou cobertas com poeira, danificadas por insetos, injuriadas mecanicamente ou com sintomas de doenças. As folhas mortas devem ser excluídas. Evitar amostragem em campo com alta umidade ou estresse por alta temperatura. As amostras de solo devem ser tomadas em áreas onde não haja concentração de fertilizantes ou acúmulo de água.

4.2.1 Técnica de amostragem de planta

Para análise de tecidos é preferível coletar partes da planta que a planta inteira. O melhor período para coletar amostras de folhas é logo após o aparecimento dos sintomas. Devem ser amostradas de 20 a 25 plantas com sintomas, coletando-se, de preferência, a segunda e a terceira folhas trifolioladas. A quantidade mínima necessária para análises completas de macro e micronutrientes é 5 g de amostra seca moída. Uma amostra paralela de folhas saudáveis deve ser tomada, colhendo-as em posição correspondente à das folhas com sintomas. Não se deve tomar amostras de folhas após o estágio vegetativo, porque a planta começa a mobilizar os nutrientes para os órgãos reprodutivos, havendo diminuição significativa da concentração de nutrientes nos tecidos das folhas. As amostras de folhas devem ser armazenadas em sacos limpos de papel, com furos para eliminar o excesso de umidade após a colheita. Evitar colocar amostras em sacos de plástico, porque as folhas podem se estragar rapidamente e ocorrer proliferação de fungos. Limpar as amostras foliares logo que possível, no laboratório, com HCl 0,2 N, e secá-las ao ar, em ambiente seco, antes de serem levadas para a estufa, onde deverão permanecer por 72 horas a 70°C (Jones Jr. et al., 1971).

4.2.2 Técnica de amostragem de solo

A avaliação da fertilidade geral do solo requer basicamente uma amostra composta de pelo menos cinco pontos de coleta. Em lavouras grandes, é comum subdividir o campo em parcelas de 1 ou 2 ha, com cinco pontos de coleta cada, para formar uma amostra composta. O resultado é normalmente padronizado e expresso em porcentagem, ppm ou meq/100 ml de solo. O uso de unidade por volume de solo (100 ml ou 100 cc) é a maneira mais comum para expressar os resultados de análise, em vez de unidade por peso (100 g de solo), porque a densidade aparente do solo difere significativamente de um solo para outro.

Para identificar os problemas do solo, a técnica de amostragem é similar àquela para plantas. Várias amostragens são tomadas nas áreas com problemas (com sintomas de deficiência ou toxicidade). Muitas amostras compostas são melhores que amostras simples. Uma amostra de solo contrastante, onde há plantas saudáveis deve, também, ser tomada como referência. O propósito desta amostragem de identificação de problemas do solo difere daquelas para avaliação geral da fertilidade, embora ambas sigam as mesmas etapas: coleta de amostra, análise química, interpretação e recomendações.

As descrições dos padrões brasileiros de análises de tecidos e os métodos dos testes de análises de solo elaborados em laboratórios compõem as Tabelas 29 e 30.

TABELA 29 Métodos de teste padrão para amostras de plantas.

Elemento	Método	Determinação
N	Kjeldahl	Titulação
P,		Colorímetro
K, Ca,	$\text{HClO}_4 + \text{HNO}_3$	
Mg, S, Cu,	Digestão	Absorção atômica
B	Calcinação	Curcumina

Fonte: Chapman (1966).

TABELA 30 Métodos de teste padrão para amostras de solos.

Extração		
pH	Solo/água = 1:1	Potenciômetro
Al	Em KCl	
P	Bray II Mehlich	
Ca, K e Mg	Acetato de amônio	
Zn, Mn	Carolina do Norte	

Fonte: Chang & Jackson (1957).

4.3 Níveis críticos e interpretação

O teor de nutrientes no tecido foliar ou na solução do solo que separa o estado deficiente do não deficiente é chamado de nível crítico. O nível crítico nos tecidos da planta é chamado de nível crítico interno, enquanto na solução do solo é chamado de nível crítico externo. O nível crítico é uma faixa de concentração do nutriente nos tecidos (Knezek & Greinert, 1971; Sillanpää, 1982), que varia com o local e expressa o estado nutricional da planta. Cate Jr. & Nelson (1965) usaram o método cartesiano para obter o nível crítico, enquanto muitos outros autores definiram o nível crítico de um elemento como o ponto no qual a produção cai a um certo nível (normalmente entre 10 e 20%) de seu máximo. A máxima produção de certa variedade também varia de um local para outro e de acordo com o estado nutricional da planta. As Tabelas 31 e 32 mostram os níveis críticos internos de plantas de feijoeiro determinados por vários autores. Os níveis críticos externos para várias áreas de produção de feijoeiro podem ser vistos nas Tabelas 33, 34 e 35. O teor de nutrientes sozinho não confirma a existência da deficiência de um elemento no solo. As relações fósforo/manganês, fósforo/zinco, potássio/magnésio, potássio/cálcio, potássio/ferro, cálcio/magnésio, manganês/ferro e cobre/molibdênio são importantes para o diagnóstico. Comparando essas relações com os resultados obtidos nos locais com e sem sintomas de deficiência, podem ser encontrados os fatores limitantes da produção do solo. Quando as plantas

sofrem de uma deficiência, seu crescimento é retardado, ocorrendo acúmulo de alguns nutrientes nas plantas devido ao seu pequeno porte, resultando em alta porcentagem de nutrientes. Ao contrário, quando as plantas têm um altíssimo crescimento vegetativo, causado por excesso de nitrogênio, por exemplo, pode ocorrer efeito de diluição, resultando em teor total baixo dos nutrientes. Portanto, a relação entre vários elementos é, algumas vezes, um importante método para definir a deficiência.

Interpretar os resultados da análise de planta não é tão fácil, pois não basta comparar os dados da análise com as tabelas de nível crítico. Comparar o valor interpretativo conhecido com os resultados particulares da análise ainda é uma arte e requer alguma experiência. Isso torna-se mais problemático quando a interpretação dos resultados depende da análise de solo (Tabela 36). Essas análises usam ácido diluído para extrair cátions, simulando a atividade da raiz da planta durante a absorção de nutrientes. O extrator ácido diluído, para o caso da determinação de fósforo, dissolve várias formas deste elemento que não são disponíveis para a planta. Deste modo, a análise superestima o valor de fósforo, especialmente em solos que receberam fertilização com fosfato natural, cujo efeito ainda pode ser detectado vários anos depois. O teor de argila também pode alterar o valor crítico do solo. Alguns solos com teor de argila menor que 20% são classificados como não aceitáveis para atividade agrícola intensiva. Em geral, quanto maior o teor de argila, maior será o nível crítico de fósforo, magnésio e cálcio.

O teor de matéria orgânica é um fator importante na determinação do valor crítico da toxicidade de alumínio. Solos com alto teor de matéria orgânica têm maior taxa de saturação crítica de alumínio. Os Oxissolos do cerrado brasileiro têm uma taxa de saturação crítica de alumínio em torno de 10%, enquanto em solos com 17-18% de matéria orgânica, a taxa de saturação de alumínio pode chegar a 25% sem causar toxicidade ao feijoeiro, como no solo Andept, em Santander de Quilichao, na Colômbia. Os solos com alto teor de matéria orgânica podem ter a disponibilidade de micronutrientes diminuída, porque sua capacidade de quelação é maior. Por isso, apresentam valor crítico de micronutrientes mais alto, em comparação com um solo com menor teor de matéria orgânica. Além do mais, as amostras estão sujeitas a contaminações. No solo, alguns elementos, como o manganês, podem mostrar grandes variações, dependendo da umidade local. Quando as amostras são tomadas durante uma estação chuvosa prolongada, a concentração de manganês pode ser mais alta que naquelas provenientes do mesmo campo tomadas na estação seca. O armazenamento prolongado da amostra do solo em condição de alta umidade pode aumentar o teor de fósforo na amostra.

TABELA 31 Níveis críticos de nutrientes em tecidos de feijoeiro.

Referência	N	P	K	Ca	Mg	S	Mn	B	Cu	Zn
	(%)			(ppm)						
Ramirez (1969)	3,0 (N) *									
MacKay & Leefe (1962)	5,1 (N)									
Cobra Netto et al. (1971)	1,54 (D)**									
Trani et al. (1983)	3,00 (N)									
Delgado (1971)		0,20 (N)								
MacKay & Leefe (1962)		0,40 (N)								
Cobra Netto et al. (1971)		0,17 (D)								
Howeler (1975)		0,35 (N)								
Trani et al. (1983)		0,30 (N)								
MacKay & Leefe (1962)			2,00 (N)							
Cobra Netto et al. (1971)			0,93 (N)							
Trani et al. (1983)			2,00 (N)							
Abruña et al. (1974)				2,0 (N)						
Blasco & Pinchinat (1972)				5,0 (N)						
Cobra Netto et al. (1971)				0,42 (D)						
Ramirez (1969)					0,25 (D)					
Berrios & Bergman (1968)					0,35 (N)					
Cobra Netto et al. (1971)					0,48 (N)					
Ramirez (1969)						0,14 (D)				
Howeler (1975)						0,14 (D)				
Trani et al. (1983)						0,30 (N)				
Blasco & Pinchinat (1972)							0,20 (N)			
Ramirez (1969)							386 (N)			
Howeler (1975)							439 (N)			
Trani et al. (1983)							250 (N)	20 (N)	7 (N)	30 (N)

*(N) = N

** (D) = NÍVEL DEFICIENTE

TABELA 32 Níveis deficiente, adequado e tóxico de nutrientes em tecido foliar de feijoeiro.

Elemento	Deficiente	Adequado	Tóxico
	----- % -----		
N	< 2,50	2,80 - 6,00	-
P	< 0,20	0,25 - 0,50	-
K	< 1,50	1,80 - 2,50	-
Ca	< 0,50	0,80 - 3,00	-
Mg	< 0,20	0,25 - 0,70	-
S	< 0,20	0,20 - 0,25	-
	----- ppm -----		
Fe	< 50	100 - 450	> 500
Zn	< 15	20 - 100	> 200
Mn	< 20	30 - 300	> 500
B	< 20	30 - 60	> 200
Cu	< 5	10 - 20	> 30

Fonte: Adaptado de Wilcox & Fageria, (1976); Howeler (1975).

TABELA 33 Níveis críticos externos de P, K, Al, Zn, B, Fe, Cu e Mn em Oxisso-
los no Brasil.

Elemento	Nível crítico	Método
P	< 2,0 ppm	Bray II ou Mehlich
K	< 0,15 meq/100 ml de solo < 50 ppm < 0,06 meq/100 ml de solo	Acetato de amônio 1 N Carolina do Norte H_2SO_4 0,25 N + HCl 0,05 N
Al	> 1,0 meq/100 ml de solo	Acetato de amônio 1 N
Zn	1,0 - 7,5 1,0	HCl 0,1 N H_2SO_4 0,25 N + HCl 0,05 N
B	0,5 - 0,7	Água quente
Fe	2,0	Acetato de amônio pH 4,8
Cu	0,7 0,2	HCl 0,1 N Acetato de amônio pH 4,8
Mn	5,0 - 9,0 2,0	H_2SO_4 0,025 N + HCl 0,05 N Extração em água

Fonte: Compilado pelos autores de várias fontes.

TABELA 34 Níveis críticos externos de Ca, Mg e K para Oxissolos, no Brasil.

% Argila	Ca			Mg			Método
	Baixo	Médio	Alto	Baixo	Médio	Alto	
< 20	< 0,5	0,5 - 1,2	> 1,2	< 0,1	0,1 - 0,3	> 0,3	KCl 1N
20 - 40	< 1,0	1,0 - 2,5	> 2,5	< 0,2	0,2 - 0,6	> 0,6	
> 40	< 2,0	2,0 - 5,0	> 5,0	< 0,4	0,4 - 1,2	> 1,2	
K	< 0,06	0,06 - 0,13	> 0,13				H ₂ SO ₄ 0,25 N + HCl 0,05N

Fonte: Compilado pelos autores de várias fontes.

TABELA 35 Níveis críticos de saturação de bases e de alumínio para Oxissolos, no Brasil.

Concentração	Saturação de bases	Taxa de saturação de Al
Baixa	< 20	< 10
Média	20 - 40	10 - 20
Alta	40 - 60	20 - 50

Fonte: Compilado pelos autores de várias fontes.

TABELA 36 Características do solo comumente encontrado em regiões onde o feijoeiro pode sofrer problemas de toxicidade.

Tipo de solo	pH	M.O. %	P ppm	Mg + Ca mg/100g de solo	K de solo	Al ----	B ---	Zn ppm	Mo -----	Mn -----
Brasil										
Oxisolo	5,0	1,2	2,0	0,5	0,1	0,6	0,3	4,0	0,3	600
Colômbia ⁽¹⁾	5,6	< 2	4,8	3,0	0,2	1,0	0,6	7,0	0,6	700

⁽¹⁾ Solo de origem vulcânica.

pH: solo/água = 1:1.

Ca, Mg: Acetato de amônio 1N.

Al: KCl 1N.

Zn, Mn: Carolina do Norte.

P: Bray II/Mehlich.

B: Água quente.

M.O.: Matéria orgânica.

Fonte: Compilado pelo primeiro autor de dados não publicados.

4.4 Características morfológicas e fisiológicas afetadas por deficiências nutricionais ou toxicidade

A deficiência ou a toxicidade de qualquer nutriente sempre afeta as características fisiológicas e, mais tarde, as morfológicas, o que pode ser utilizado na diagnose da desordem nutricional no campo. Esse tipo de diagnose tem a vantagem de poder propiciar uma rápida recomendação sem depender dos resultados de laboratório ou de tempo para as análises químicas. Porém, quando os sintomas se tornam visíveis, já pode ter ocorrido uma redução considerável da produção. Além disso, os sintomas de deficiência de dois ou mais elementos nutricionais podem ser semelhantes, como, por exemplo, as deficiências de nitrogênio e de enxofre. Algumas doenças viróticas podem produzir sintomas iniciais semelhantes aos da toxicidade de manganês.

O conhecimento da relação entre a parte aérea e as raízes é essencial. É fácil observar os sintomas na parte aérea ou nas folhas, mas, para se ter alguma confirmação, deve-se desenterrar as raízes e observá-las. No caso de deficiência de nitrogênio, a planta tende a ficar anã, mas as raízes se desenvolvem normalmente. Ao contrário, plantas anãs devido à deficiência de fósforo também apresentam raízes curtas. Quando a planta é anã, com pouco desenvolvimento

radicular, mas com muitas raízes adventícias, a causa pode ser toxicidade de alumínio. Em caso de deficiência de cálcio, o crescimento das raízes é mais afetado, sem haver redução da parte aérea da planta. O feijoeiro pertence à família das leguminosas, e seu requerimento em cálcio é maior que o das gramíneas, sendo a calagem dos solos ácidos indispensável para o sucesso da produção.

5 SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA E DE TOXICIDADE

5.1 Deficiência de nitrogênio

5.2.1 Sintomas

Ocorre mudança na cor da folha, de verde para verde-pálida. No início, os sintomas ocorrem nas folhas inferiores (Figura 17) e, então, se espalham por toda a planta. Quando a deficiência persiste, a cor muda para intenso amarelo-limão uniformemente por toda a lâmina foliar. Em estágios avançados, manchas marrons se desenvolvem gradualmente por todas as folhas, semelhantes ao estágio de senescência, ocorrendo morte prematura. As folhas desenvolvidas por completo são normalmente menores, quando comparadas com as folhas de plantas saudáveis, e o crescimento geral da planta é retardado (Figura 18). Há genótipos com folhas de cor naturalmente amarela-pálida, como Goiano Precoce e Jalo EEP 558 (Figura 19), o que pode ser confundido com deficiência de nitrogênio.

5.1.2 Níveis críticos

As folhas deficientes têm menos de 2% de nitrogênio, em condições de campo, enquanto a concentração nas folhas normais está entre 3% e 5% (MacKay & Leefe, 1962; Ramirez, 1969).

5.1.3 Ocorrência

Nos trópicos, o nitrogênio é o nutriente mais limitante ao crescimento do feijoeiro. A deficiência deste elemento pode ocorrer em reboleiras, onde há matéria orgânica acumulada parcialmente decomposta (Figura 20).

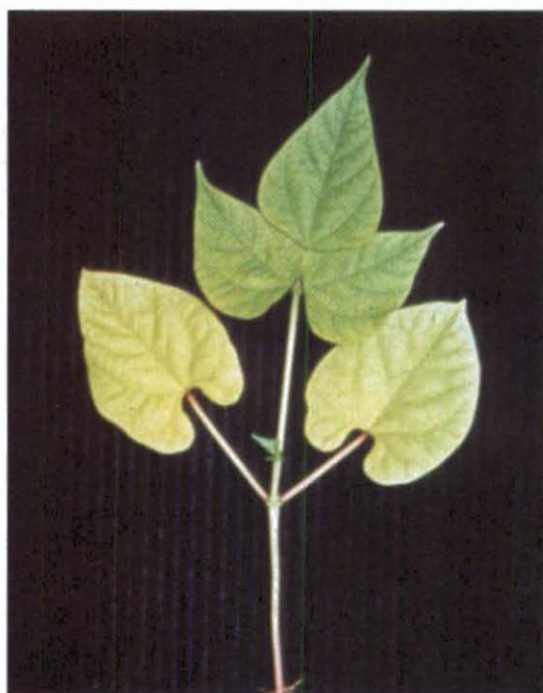


Fig. 17 Sintomas de deficiência de nitrogênio, representados por folhas verde-pálidas do feijoeiro.



Fig. 18 Planta raquítica devido à deficiência de nitrogênio.



Fig. 19 Folhas de alguns genótipos com coloração natural e normal semelhante à deficiência de nitrogênio.



Fig. 20 Sintomas de deficiência de nitrogênio localizados em áreas ricas em matéria orgânica, com alta atividade microbológica.

5.1.4 Prevenção e correção

Pode-se eliminar a deficiência de nitrogênio através de aplicações em cobertura com 18 kg de N/ha como sulfato de amônio ou uréia. Em sistemas intensivos de produção recomendam-se aplicações laterais de 18 a 30 kg de N/ha no período entre a formação da segunda e terceira folhas trifolioladas. Quando as precipitações são pesadas, outra aplicação pode aumentar a produção. Aplicações foliares com uréia 2%, com alto volume de água (600-1.000 l/ha), podem corrigir deficiências leves. Algumas vezes, várias aplicações são necessárias, o que pode ser feito junto com a aplicação de inseticidas ou fungicidas misturados à água de irrigação.

5.2 Deficiência de fósforo

5.2.1 Sintomas

As folhas baixas tornam-se amarelas e, em estágios avançados, tornam-se necróticas e entram em senescência (Figura 21). A planta tem o crescimento reduzido, apresentando internódios curtos e número reduzido de ramos. O florescimento é pobre e retardado e poucas vagens são produzidas (Figura 22). A maturidade é atrasada em alguns dias. A deficiência de fósforo combinada com estresse de água causa o aparecimento de folhas verde-escuras, pois a produção de clorofila é menos afetada no começo do estresse de fósforo e o acúmulo de clorofila, com uma pequena expansão da folha, produz esse verde característico (Figura 23). As diferenças entre as deficiências de fósforo e de nitrogênio podem ser vistas na Figura 24. A deficiência de fósforo em casa de vegetação produz sintomas de amarelecimento menos intensos que em condições de campo (Figura 25).

5.2.2 Níveis críticos

O teor de fósforo nas folhas de plantas deficientes cultivadas no campo é de 0,17% (Cobra Netto et al., 1971) e, em casa de vegetação, é ligeiramente maior, atingindo 0,25% (Haag et al., 1967). O teor normal de fósforo no feijoeiro, sob condições de campo, em pleno florescimento, está em torno de 0,40% (Mackay & Leefe, 1962).

5.2.3 Ocorrência

A deficiência de fósforo é mais comum na América Latina (Lopes & Cox, 1977; Sanchez & Cochrane, 1980; Thung, 1990) e África, onde o feijoeiro é cultivado em solos altamente intemperizados com poucos minerais primários contendo fósforo. Esses solos têm alta capacidade de fixação deste elemento, o que os torna ainda menos disponíveis para as plantas.



Fig. 21 Sintomas de deficiência de fósforo mostrando plantas anãs e coloração amarelo-dourada nas folhas baixas.

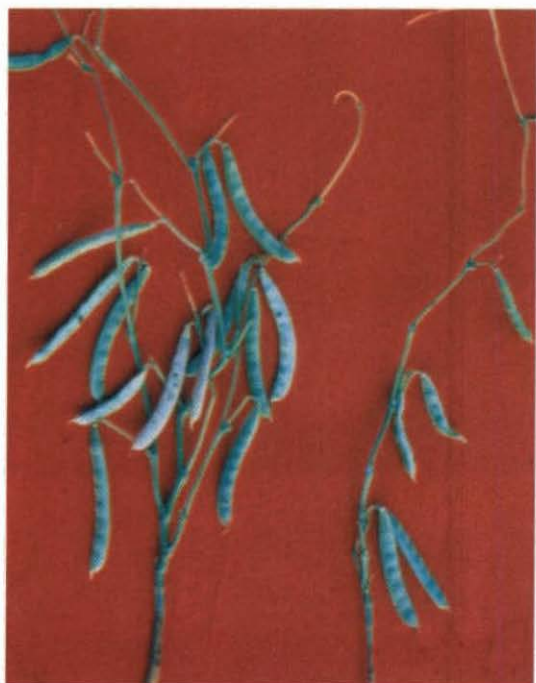


Fig. 22

Redução do comprimento dos internódios e do número de vagens causada por deficiência de fósforo. Comparação de uma planta normal com uma deficiente em fósforo.



Fig. 23 Sintomas de deficiência de fósforo produzindo coloração verde-escura nas folhas.

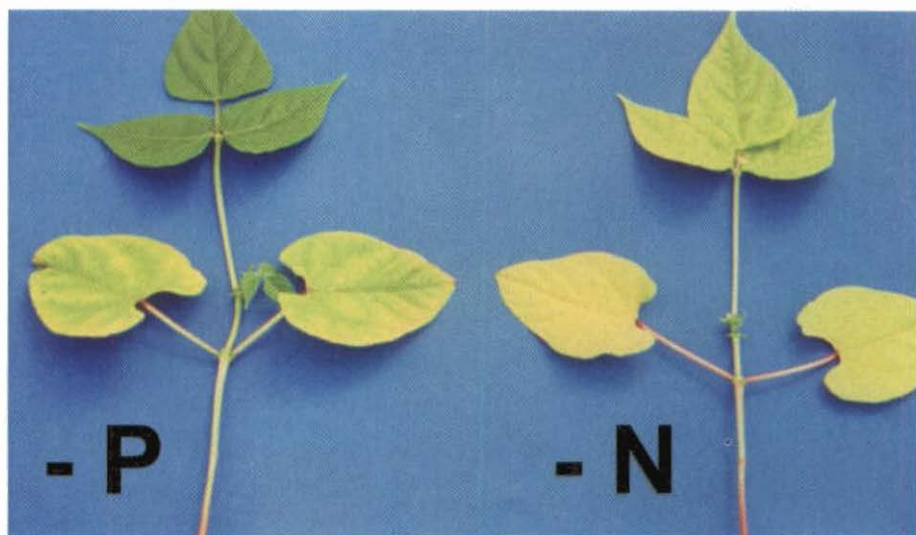


Fig. 24 Diferenças dos sintomas de deficiência de fósforo e de nitrogênio em condição de casa de vegetação.

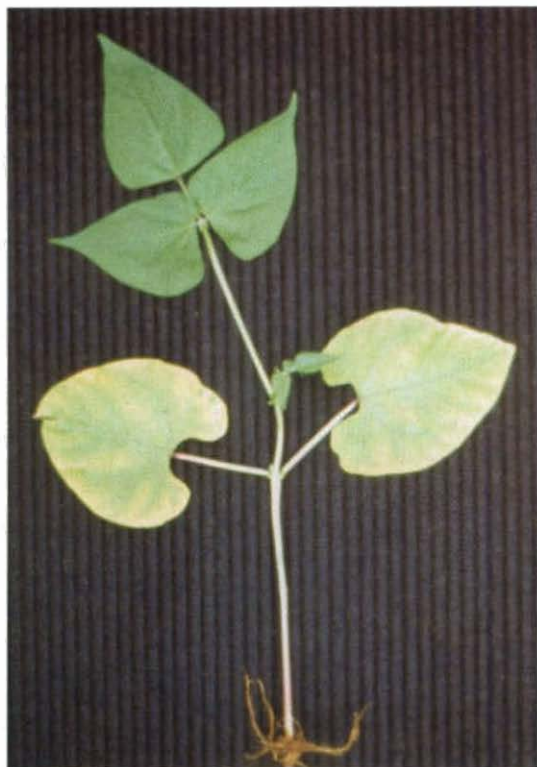


Fig. 25

Deficiência induzida de fósforo causa menor amarelecimento em folhas baixas em comparação com a deficiência de fósforo ocorrida no campo.

5.2.4 Prevenção e correção

Para prevenir a deficiência de fósforo, deve-se aplicar fertilizante fosfatado em quantidade suficiente, de preferência fertilizante fosfatado solúvel em água, um pouco antes do plantio (Thung et al., 1982). O fósforo é essencial desde o início do crescimento até a maturação fisiológica do feijoeiro. A aplicação foliar de APP 10% (Polifosfato de Amônio, fertilizante fósforo-nitrogenado líquido) pode corrigir deficiências deste nutriente, se feita semanalmente por cinco ou mais vezes. A falta de água pode agravar a deficiência de fósforo, propiciando pouco crescimento da planta e formação de folhas pequenas verde-escuras (Figura 26). As pulverizações com fertilizantes fosfatados solúveis, que não o APP, não atingem o efeito desejado, porque a quantidade de fósforo absorvida é muito pequena. A aplicação de soluções com maior concentração deste nutriente causa queima das folhas. As cultivares Carioca, Rio Tibagi e G 21212 mostram tolerância a baixos níveis de fósforo.



Fig. 26 Sintomas de deficiência de fósforo combinados com falta de água, resultando em folhas de cor verde-escura e plantas anãs.

5.3 Deficiência de potássio

5.3.1 Sintomas

As margens das folhas baixas tornam-se amarelas e, com o avanço da idade da planta, as pontas e as margens das folhas ficam necróticas (Figura 27). Ocorre amarelecimento internervural, com maior severidade em direção à ponta da folha. A folha toda torna-se mais amarela com a continuação da deficiência. A deficiência induzida de potássio em casa de vegetação causa amarelecimento mais intenso que aquele que ocorre naturalmente no campo (Figura 28).

5.3.2 Níveis críticos

As folhas deficientes têm menos de 1,5% de potássio, enquanto as folhas normais apresentam concentrações acima de 2,0% (Trani et al., 1983).



Fig. 27 Sintomas de deficiência de potássio em folhas baixas, com amarelecimento das margens da folha.

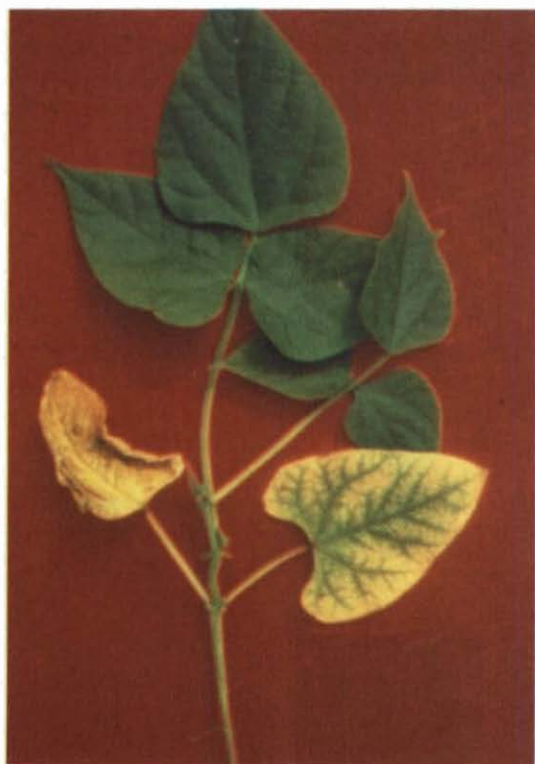


Fig. 28

Sintomas induzidos de potássio, resultando em intensa cor amarela.

5.3.3 Ocorrência

A deficiência de potássio raramente ocorre na América Latina, embora os solos predominantes nesta região sejam Ultissolos e Oxissolos, que não possuem minerais primários contendo este elemento. Os minerais moscovita e feldspato desses solos são facilmente hidrolisados, e o esgotamento de potássio através da remoção pelas culturas, por lixiviação e por enxurrada, é rápido. As plantas de feijoeiro cultivadas em algumas regiões com solo orgânico do litoral do Espírito Santo (Brasil) sofrem deficiência deste nutriente.

5.3.4 Prevenção e correção

O potássio é sempre incluído na maioria dos fertilizantes formulados completos, na concentração aproximada de 15% de K_2O . Mesmo com essas adições de potássio, em regiões onde a agricultura intensiva dura mais de dez anos, a deficiência deste nutriente tem sido relatada em soja, mas não em feijoeiro. O total de potássio aplicado em muitas culturas tem sido menos do que elas necessitam, e a quantidade deste elemento carregada para fora da lavoura por erosão é desconhecida. Portanto, sua deficiência pode vir a ser um problema no futuro. A aplicação de 100 kg de K_2SO_4 ou KCl/ha a cada plantio recompõe as quantidades deste elemento exportadas pela cultura através das sementes.

5.4 Deficiência de magnésio

5.4.1 Sintomas

Os sintomas de deficiência de magnésio no campo podem ser vistos como uma clorose internervural intensa (Figura 29). Quando a severidade da deficiência aumenta, as margens das folhas ficam encarquilhadas. Em casa de vegetação é fácil confundí-la com deficiência de enxofre, pois a deficiência induzida de magnésio produz clorose internervural nas folhas inferiores (Figura 30), enquanto a deficiência de enxofre produz amarelecimento uniforme em toda a lâmina foliar. Como o magnésio é parcialmente móvel na planta, os sintomas de deficiência podem se espalhar pela planta inteira, inclusive nas partes jovens.

5.4.2 Níveis críticos

Os níveis críticos variam de 0,22% a 0,48%, mas, em plantas normais, o teor de magnésio nas folhas varia de 0,35% a 0,70% (Berrios & Bergman, 1968; Trani et al., 1983).



Fig. 29 Sintomas de deficiência de magnésio em folhas de plantas cultivadas no campo.

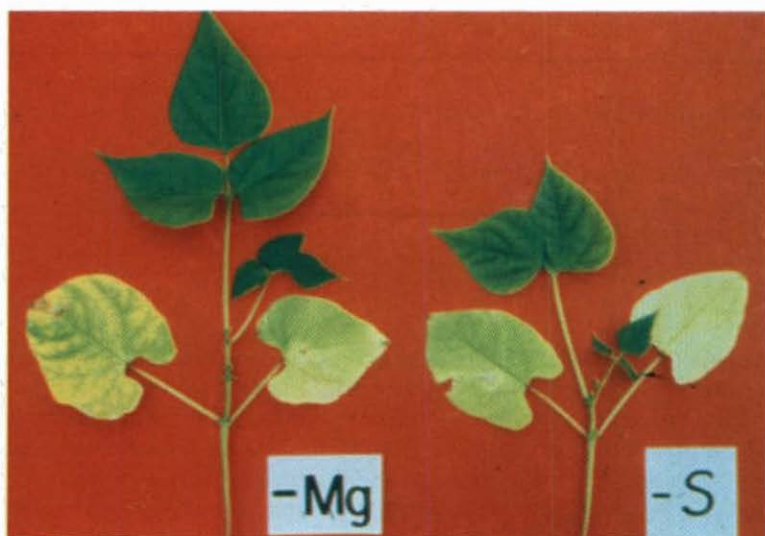


Fig. 30 Sintomas induzidos de deficiência de magnésio e enxofre em condição de casa de vegetação.

5.4.3 Ocorrência

A deficiência de magnésio não tem sido muito relatada, mas é encontrada esporadicamente em solos orgânicos e em áreas frias, como em Antióquia, na Colômbia. Assume-se que a deficiência não tenha sido relatada em solos ácidos dos trópicos devido ao suprimento de magnésio pelas freqüentes aplicações de calcário dolomítico para o controle da toxicidade de alumínio.

5.4.4 Prevenção e correção

A aplicação de 5 t de calcário dolomítico/ha contendo 25-30% de CaO e 10-20% de MgO, ou 50-100 kg de sulfato de magnésio, ou 35-70 kg de óxido de magnésio, pode corrigir a deficiência de magnésio no solo. As aplicações foliares de sulfato de magnésio a 1% ($\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) podem resolver o problema de deficiência, quando feitas várias vezes.

5.5 Deficiência de enxofre

5.5.1 Sintomas

Os sintomas de deficiência de enxofre obtidos com culturas em solução nutritiva caracterizam-se por uma coloração pálida uniforme nas folhas primárias (Figura 31) similar à que ocorre quando há deficiência de nitrogênio (Figura 17).

5.5.2 Níveis críticos

Os níveis críticos de deficiência de enxofre, em condições de casa de vegetação, variam entre 0,14% e 0,30% e, em plantas normais, situam-se entre 0,59% e 0,79%.

5.5.3 Ocorrência

A deficiência de enxofre em condições de campo é difícil de ser encontrada e nunca foi relatada para feijoeiro até a presente data. O potencial de deficiência de enxofre é maior nos trópicos, porque o suprimento de enxofre nos fertilizantes vem decrescendo. O superfosfato simples possui aproximadamente 12% de enxofre e está sendo substituído pelo superfosfato triplo, com apenas 2% de enxofre. O sulfato de amônio é muito usado nos trópicos e abastece a cultura com nitrogênio e enxofre, mas também está sendo substituído pela uréia, devido ao menor custo de transporte por unidade do elemento nitrogênio.

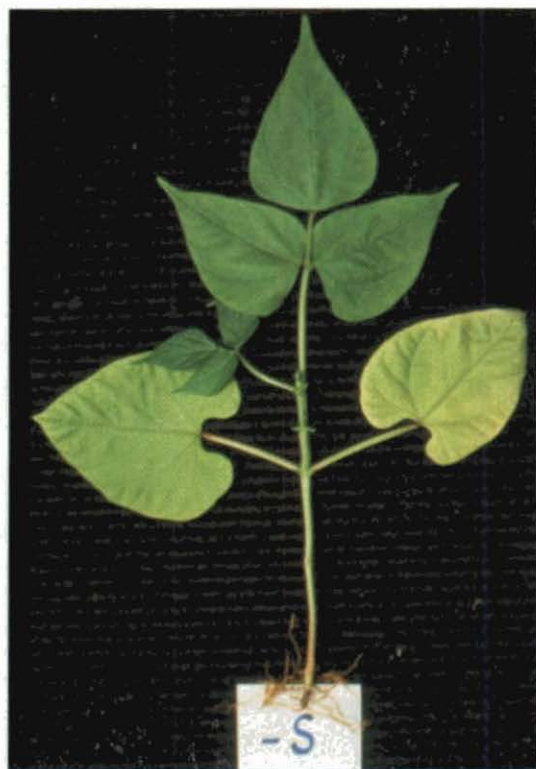


Fig. 31

Sintomas de deficiência induzida de enxofre em condições de casa de vegetação.

5.5.4 Prevenção e correção

Quando possível, aplicar superfosfato simples em solos ácidos ou sulfato de amônio com 18% de nitrogênio e 20% de enxofre, em vez de uréia. A aplicação de enxofre elementar na quantidade de 20 kg/ha em solos carentes pode ajudar a prevenir o problema.

5.6 Deficiência de cálcio

5.6.1 Sintomas

Os sintomas de deficiência isolada de cálcio em feijoeiro são difíceis de serem encontrados. A maior parte das deficiências de cálcio em solos ácidos é

mascarada pelas deficiências conjuntas de fósforo e cálcio, juntamente com toxicidade de alumínio. Feijoeiro cultivado em solo não corrigido com calcário, mesmo recebendo adubação adequada, mostra crescimento precário (Figura 32).

5.6.2 Níveis críticos

Os níveis de cálcio nas folhas deficientes variam de 0,5% a 0,8% (Abruña et al., 1974), contudo, numa folha normal, o seu teor geralmente varia entre 2,0% e 5,0% (Trani et al., 1983).

5.6.3 Ocorrência

A deficiência de cálcio ocorre em todos os solos inférteis, como os Oxissolos, sem aparecimento dos sintomas típicos da deficiência. Nas camadas mais profundas do solo, de 20 a 60 cm, o teor de cálcio pode ser de até 1,0 meq/ 100 g de solo. Em alguns solos, devido à baixa relação Ca/Mg (inferior a 2), o feijoeiro pode deixar de crescer e ter o seu potencial de produção comprometido.



Fig. 32 Feijoeiro cultivado em solo ácido adubado sem calagem.

5.6.4 Prevenção e correção

A aplicação de 3 t de calcário/ha pode resolver o problema de deficiência de cálcio, embora ainda não seja suficiente para reduzir totalmente a toxicidade de alumínio no solo. Quantidades superiores a 8 t/ha, aplicadas de uma só vez, podem induzir deficiências de micronutrientes, como boro e zinco, em solos de cerrado.

5.7 Deficiência de boro

5.7.1 Sintomas

O primeiro sintoma de deficiência de boro começa nos estádios iniciais de desenvolvimento, desde a germinação até a formação dos primeiros pares de folhas trifolioladas. O caule torna-se espesso e as folhas coriáceas (Figura 33). Quando a deficiência persiste, as folhas jovens tornam-se enrugadas e o broto terminal morre, seguindo-se uma proliferação de brotos laterais (Figura 34). Quando a deficiência é muito severa, as plantas param de crescer após a abertura da segunda ou terceira folha trifoliolada e morrem em seguida.

5.7.2 Níveis críticos

O teor de boro nas folhas com sintomas de deficiência é menor que 20 ppm (Wilcox & Fageria, 1976), em comparação com 20 a 60 ppm nas folhas saudáveis. O teor no solo, extraído com água quente, normalmente é menor que 0,6 ppm (Chapman, 1966), considerado de média a baixa ocorrência na solução do solo.

5.7.3 Ocorrência

A deficiência de boro ocorre comumente em Oxissolos e em Ultissolos durante veranicos ou secas temporárias. A deficiência desaparece imediatamente quando o crescimento radicular se estende, podendo explorar maior volume de solo. Em solos com pH elevado, a deficiência pode ocorrer freqüentemente, devido à baixa disponibilidade do nutriente. A deficiência induzida de boro no campo, devido à distribuição irregular de calcário, é comum em solos ácidos de cerrado.



Fig. 33 Sintomas de deficiência de boro, mostrando espessamento das folhas primárias do feijoeiro, conferindo-lhes aparência coriácea.

5.7.4 Prevenção e correção

A deficiência pode ser facilmente corrigida aplicando-se de 1 a 2 kg de B/ha ou 10 kg de bórax/ha, Solubor ou ácido bórico, no solo, ou fazendo-se duas aplicações foliares semanais de bórax 2% ou Solubor 1%. Porém, quando a aplicação não é uniforme, pode ocorrer fitotoxicidade. Os genótipos Porrillo Sintético, A 304, BAT 1512 e DOR 145 são suscetíveis à deficiência de boro.

5.8 Deficiência de zinco

5.8.1 Sintomas

Os sintomas de deficiência de zinco aparecem nas folhas recém-abertas, com amarelecimento internervural (Figura 35). Quando a deficiência persiste até estádios mais avançados, aparecem folhas amarelas com manchas marrons de 2 a 3 mm de diâmetro (Figura 36).



Fig. 34 Sintomas de deficiência de boro antes da formação da terceira folha trifoliolada, com folhas enrugadas e morte dos brotos terminais, seguida pela proliferação de brotos laterais.



Fig. 35

Folhas com sintomas de deficiência de zinco comparadas à folha saudável.



Fig. 36 Sintomas de deficiência avançada de zinco com manchas necróticas.

5.8.2 Níveis críticos

As folhas deficientes contêm menos que 15 ppm de zinco (Wilcox & Fageria, 1976) e o seu teor nas folhas saudáveis está acima de 25 ppm.

5.8.3 Ocorrência

Em Oxisolos com pH abaixo de 5,0, o feijoeiro pode sofrer deficiência de zinco. A deficiência ocorre também quando se aplica calcário em quantidade suficiente para elevar o pH do solo acima de 6,0. Altas doses de fósforo podem induzir deficiência de zinco em experimentos de vaso (Lessman, 1967), porém, no Brasil, este tipo de indução nunca foi relatado em condições de campo. Os solos do Estado de Colorado (Estados Unidos), que possuem relativamente alto teor de fósforo, mostram baixa disponibilidade de zinco e, freqüentemente, sintomas de deficiência deste nutriente.

5.8.4 Prevenção e correção

As aplicações de 25 kg de sulfato de zinco/ha, no solo, ou de 0,17 kg/ha, nas folhas, podem corrigir os sintomas de deficiência, sendo preferidas as aplicações no solo por seu efeito residual benéfico para os futuros plantios.

A cultivar ICA Guali é muito suscetível à deficiência de zinco, ao contrário da cultivar Saginaw, que é tolerante (Brown & Lebaron, 1970).

5.9 Deficiência de ferro

5.9.1 Sintomas

As folhas superiores das plantas tornam-se pálidas, mas as nervuras permanecem verdes. A cor pálida ocorre uniformemente em toda a lâmina foliar (Figura 37), ao contrário do que acontece devido à deficiência de magnésio, que provoca o amarelecimento a partir da ponta e das margens das folhas mais velhas. A deficiência de ferro em condições de campo ainda não foi relatada.



Fig. 37 Sintomas de deficiência de ferro, mostrando as folhas superiores amarelas com nervuras verdes.

5.9.2 Níveis críticos

O teor de ferro em folhas deficientes pode apresentar grandes variações, embora 50 ppm seja considerado o nível crítico foliar (Wilcox & Fageria, 1976).

5.9.3 Ocorrência

Em solos aluviais com pH acima de 7,0 e com CaCO_3 livre, pode ocorrer deficiência de ferro. As aplicações pesadas de calcário por vários anos podem induzir a deficiência de ferro em arroz em solos de cerrado do Brasil, mas nenhuma deficiência desse elemento foi relatada para feijoeiro.

5.9.4 Prevenção e correção

As aplicações de 25 kg de Fe-EDTA/ha, no solo, ou de 600 l de solução a 3% de Fe_2SO_4 /ha, nas folhas, podem corrigir a deficiência. As cultivares Great Northern Valley, Great Northern Emerson e Great Northern UI 59 são tolerantes à deficiência de ferro, enquanto a PI 165078 = G 0159 é suscetível (Coyne et al., 1982).

5.10 Deficiência de molibdênio

5.10.1 Sintomas

Nenhum sintoma direto de deficiência de molibdênio foi documentado. Em solos deficientes, a simbiose do feijoeiro com *Rhizobium* é limitada, e a nodulação, pobre.

5.10.2 Níveis críticos

Não são conhecidos os níveis críticos para este micronutriente.

5.10.3 Ocorrência

Em algumas áreas em torno de Coimbra e Viçosa, no Estado de Minas Gerais, tem-se observado deficiência de molibdênio. As respostas à aplicação foliar deste elemento são altas nessa região (Vieira et al., 1992).

5.10.4 Prevenção e correção

A aplicação de 1 kg de heptamolibdato de amônio ou de sódio/ha é suficiente para corrigir as deficiências de molibdênio e prover as plantas com este nutriente para uma simbiose normal entre *Rhizobium* e feijoeiro no campo. A calagem pode aumentar a disponibilidade deste nutriente para as plantas quando a deficiência é causada por pH baixo. As aplicações foliares de 20 g de molibdênio/ha, como Na_2MoO_4 , podem eliminar a deficiência e, algumas vezes, aumentar a produção do feijoeiro em solos deficientes.

5.11 Toxicidade de alumínio

5.11.1 Sintomas

A toxicidade de alumínio começa precocemente, ainda nas folhas dicotiledonais, quando surgem manchas necróticas sobre as lâminas e necrose progressiva nas margens das folhas (Figura 38). Quando severamente afetadas, as plantas morrem rapidamente após a germinação. Em condições de casa de vegetação, o sintoma de amarelecimento é menos pronunciado. A toxicidade de alumínio provoca nanismo mais severo que aquele causado pela deficiência de fósforo (Figura 39). A raiz é a parte da planta mais afetada por este tipo de toxicidade, que inibe a divisão celular (Naidoo et al., 1978). A raiz principal morre e as raízes adventícias, que são então formadas, morrem rapidamente. A curvatura da raiz secundária indica que a raiz está evitando a zona ou a camada do solo que contém alto teor de alumínio (Figura 40). A incorporação de calcário abaixo de 20 cm de profundidade corrige a toxicidade de alumínio nesta região e facilita o crescimento das raízes, mas a sua execução é difícil com os implementos agrícolas comuns. Raízes tortuosas podem ser também encontradas em solos com lençol freático alto, mas, neste tipo de solo, as raízes têm mais ramificações (Figura 41) que aquelas que sofrem toxicidade de alumínio.

5.11.2 Níveis críticos

É difícil determinar os níveis críticos de alumínio no solo. A taxa de 15% de saturação de alumínio, usada como critério em solos com menos de 1,5% de matéria orgânica, é válida para a maioria dos solos do cerrado brasileiro. Em solos de Popayan ou de Santander de Quilichao (Colômbia), com mais de 3,5% de matéria orgânica, a taxa crítica de toxicidade de alumínio encontra-se entre 30% e 60% de saturação.



Fig. 38 Sintomas de toxicidade de alumínio em folhas dicotiledonais, com necrose das margens das folhas.

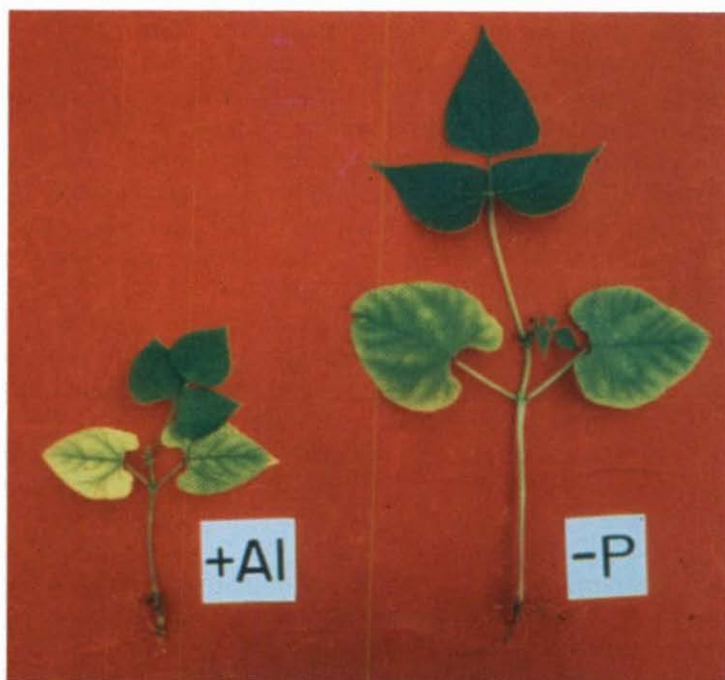


Fig. 39 Toxicidade de alumínio causando maior atrofiamento do feijoeiro que a deficiência de fósforo.



Fig. 40 Raízes encurvadas, com poucas ramificações causadas por toxicidade de alumínio.



Fig. 41 Raízes encurvadas devido à lâmina alta de água, porém, com bom sistema radicular.

5.11.3 Ocorrência

A toxicidade de alumínio ocorre em quase todas as áreas em que se cultiva o feijoeiro na América Latina, especialmente nos Oxisolos, Ultissolos e solos de origem vulcânica.

5.11.4 Prevenção e correção

As aplicações de quantidades em torno de 5 t de calcário dolomítico ou calcítico/ha geralmente são feitas em intervalos de quatro a cinco anos. O uso freqüente de grandes quantidades de sulfato de amônio reduz o intervalo de calagem. Quando possível, deve-se evitar o uso de fertilizantes acidificadores do solo, como sulfato de amônio ou uréia. Contudo, devido às necessidades da planta em enxofre, o sulfato de amônio está sendo sempre usado. Em muitos países não é possível encontrar nitrato de cálcio ou cianamida de cálcio, fertilizantes não acidificadores, porque o comércio desses produtos é limitado. O uso de fosfatos de rocha parcialmente solúveis ajuda a reduzir a toxicidade de alumínio devido ao seu alto teor de cálcio. As cultivares Carioca, Rio Tibagi e G 4000 são mais tolerantes que outras a ambientes ácidos.

5.12 Toxicidade de manganês

5.12.1 Sintomas

A toxicidade de manganês causa clorose internervural em folhas jovens (Figura 42). Mesmo em plantas vigorosas, com crescimento intenso, a toxicidade de manganês pode aparecer após prolongadas e pesadas chuvas, com as folhas jovens superiores apresentando cor verde-pálida (Figura 43). Estresses prolongados de manganês causam o enrugamento das folhas (Figura 44) surgindo manchas necróticas espalhadas em toda a lâmina foliar. Sob temperaturas mais baixas, esses sintomas manifestam-se com maior facilidade (Heenan & Carter, 1977).

5.12.2 Níveis críticos

O teor de manganês nas folhas afetadas pela toxicidade deste elemento varia de 700 ppm até 1.400 ppm, enquanto, em plantas normais, as folhas apresentam teores abaixo de 300 ppm. A relação ferro/manganês é o melhor critério para a avaliação da toxicidade de manganês, que ocorre quando esta relação encontra-se em valores abaixo de 1,5.



Fig. 42 Sintomas de toxicidade de manganês, com clorose internervural nas folhas superiores.



Fig. 43 Sintomas de toxicidade de manganês nas folhas superiores do feijoeiro, em plantas bem desenvolvidas, com aparecimento após prolongado período chuvoso em solos ricos em cinzas vulcânicas.



Fig. 44 Sintomas de toxicidade severa de manganês, com enrugamento e formação de manchas necróticas por toda a lâmina foliar.

5.12.3 Ocorrência

A toxicidade de manganês ocorre em solos formados por cinzas vulcânicas da Zona Andina e em terras baixas hidromórficas do Brasil. Na América Central, este tipo de toxicidade é largamente distribuído, mas recebe pouca atenção, porque o excesso de manganês quase nunca causa a mortalidade das plantas, o que ocorre com a toxicidade de alumínio. A toxicidade de manganês pode também ocorrer temporariamente durante a estação chuvosa, porque o excesso de água reduz Mn^{4+} para Mn^{2+} , que é a forma absorvida pelas raízes das plantas.

5.12.4 Prevenção e correção

A calagem usada para a redução da toxicidade de alumínio (3 t de calcário calcítico ou dolomítico/ha) pode também reduzir a toxicidade de manganês. São requeridas doses maiores de calcário para eliminar completamente a toxicidade de manganês, porque é necessário que o pH do solo esteja mais alto para que isto ocorra. As aplicações de 20 t de matéria orgânica/ha podem reduzir significativamente a toxicidade de manganês (Döbereiner & Alvahydo, 1966). Melhorando a aeração e a drenagem do solo, pode-se controlar temporariamente o problema de toxicidade deste elemento. As cultivares Carioca, G 4000, Snap Bean Green Lord e Red Kidney são mais tolerantes à toxicidade de manganês que outras cultivares comuns.

5.13 Toxicidade conjunta de alumínio e manganês

5.13.1 Sintomas

Quando ocorre toxicidade conjunta de alumínio e manganês, a germinação geralmente ocorre lentamente e as folhas ficam necrosadas como se tivessem sido queimadas por herbicidas (Figura 45).

5.13.2 Níveis críticos

Os mesmos níveis que causam toxicidade de alumínio e de manganês isoladamente.



Fig. 45 Sintomas severos de toxicidade conjunta de alumínio e manganês durante a germinação. Os sintomas são similares à queima de plantas causada por herbicidas.

5.13.3. Ocorrência

Os mesmos locais onde ocorrem toxicidades de alumínio e de manganês separadamente. Algumas vezes, os sintomas são confundidos com a ação tóxica dos herbicidas em solos vulcânicos.

5.13.4 Prevenção e correção

Os mesmos procedimentos sugeridos para a toxicidade de alumínio.

5.14 Toxicidade de boro

5.14.1 Sintomas

As folhas dicotiledonais e a primeira folha trifoliolada mostram necrose marginal da lâmina, o que as tornam encarquilhadas (Figura 46), mas as folhas trifolioladas subseqüentes normalmente não são afetadas.



Fig. 46 Sintomas de toxicidade de boro causados pela má distribuição de bórax, produzindo necrose marginal na primeira folha trifoliolada.

5.14.2 Níveis críticos

As folhas com sintomas de toxicidade de boro contêm mais que 150 ppm do elemento.

5.14.3 Ocorrência

Nos trópicos, este tipo de toxicidade ocorre normalmente devido à aplicação incorreta de boro. Alguns solos da Califórnia (Estados Unidos) têm alto teor de boro, e a toxicidade deste elemento causa danos à produção.

5.14.4 *Prevenção e correção*

Evitar a incidência de toxicidade induzida, provocada por aplicações incorretas de bórax ou Solubor. A toxicidade de boro no campo é corrigida através de aração ou gradagem, para melhorar a distribuição dos fertilizantes que contêm este elemento. Periodicamente, deve-se realizar uma aração profunda para evitar bolsões tóxicos na área.

5.15 *Toxicidade de zinco*

5.15.1 *Sintomas*

Os sintomas de toxicidade de zinco são semelhantes aos de toxicidade de boro, porém, com menor enrugamento das folhas (Figura 47).

5.15.2 *Níveis críticos*

As folhas com sintomas de toxicidade de zinco contêm mais de 100 ppm do elemento.

5.15.3 *Ocorrência*

A toxicidade de zinco ocorre normalmente devido à distribuição desuniforme de fertilizantes contendo o elemento.

5.15.4 *Prevenção e correção*

Recomenda-se a aração profunda com a finalidade de distribuir o zinco em maior volume de solo.



Fig. 47 Toxicidade de zinco, apresentando necrose marginal, com enrugamento das folhas causado pela má distribuição de ZnSO_4 .

5.16 Toxicidade de ferro

5.16.1 Sintomas

A indução de toxicidade de ferro em casa de vegetação causa clorose internervural nas folhas mais jovens (Figura 48).

5.16.2 Níveis críticos

As folhas com sintomas de toxicidade de ferro apresentam teores superiores a 500 ppm do elemento, enquanto as folhas saudáveis mostram teores de 100 ppm a 450 ppm.

5.16.3 Ocorrência

Até o momento não foi relatada toxicidade de ferro em feijoeiro no campo. Este tipo de toxicidade normalmente pode ocorrer após uma aração profunda de solos aluviais com baixo teor de matéria orgânica. Neste caso, as camadas superiores do solo são enterradas, e os íons Fe^{3+} incluídos nas partículas de argila ou silte são liberados e posteriormente reduzidos a Fe^{2+} , forma que é então rapidamente absorvida pelas plantas em grandes quantidades.

5.16.4 Prevenção e correção

A incorporação de matéria orgânica forma quelatos com o ferro livre do solo, reduzindo a sua disponibilidade para as plantas. A calagem pode ajudar a corrigir o excesso de ferro pela formação de complexos cálcio-ferro.



Fig. 48 Sintomas induzidos de toxicidade de ferro, mostrando folhas amarelas, com nervuras verdes, devido à aplicação excessiva de fertilizante contendo este elemento.

6 OUTROS FATORES QUE AFETAM A PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO

6.1 Preparo do solo

A aração de solos muito úmidos (Figuras 49 e 50) ou muito secos (Figura 51) produz torrões. O uso de grade pesada no preparo do solo, prática muito comum no Brasil por ser mais rápida que o uso de aiveca, provoca, em pouco tempo, compactação do solo na profundidade entre 15 e 20 cm (Figura 52). As raízes do feijoeiro não penetram nesta camada. As irregularidades na aração são causadas pelo mal-ajuste dos pontos de conexão do trator (Figura 53). A plantadeira mal-ajustada coloca as sementes em diferentes profundidades. As áreas com torrões dificultam a germinação das sementes (Figura 54), mas a escarificação do solo pode ajudar a resolver o problema. O cultivo mecânico no estágio da terceira folha trifoliolada é bastante recomendado (Figuras 55 e 56), pois não somente reduz a população de plantas daninhas como melhora o arejamento das raízes. O cultivo pode ser combinado com a aplicação de nitrogênio em cobertura lateralmente às linhas, com doses de aproximadamente 100 kg de sulfato de amônio/ha.



Fig. 49 Preparo de solo muito úmido, produzindo torrões.



Fig. 50 Torrões produzidos em solo preparado com alto teor de umidade.



Fig. 51 Preparo de solo muito seco, com produção de grandes torrões.



Fig. 52 Compactação do solo em camadas mais profundas devido ao uso freqüente de arado de disco ou de grade aradora (pé-de-grade).

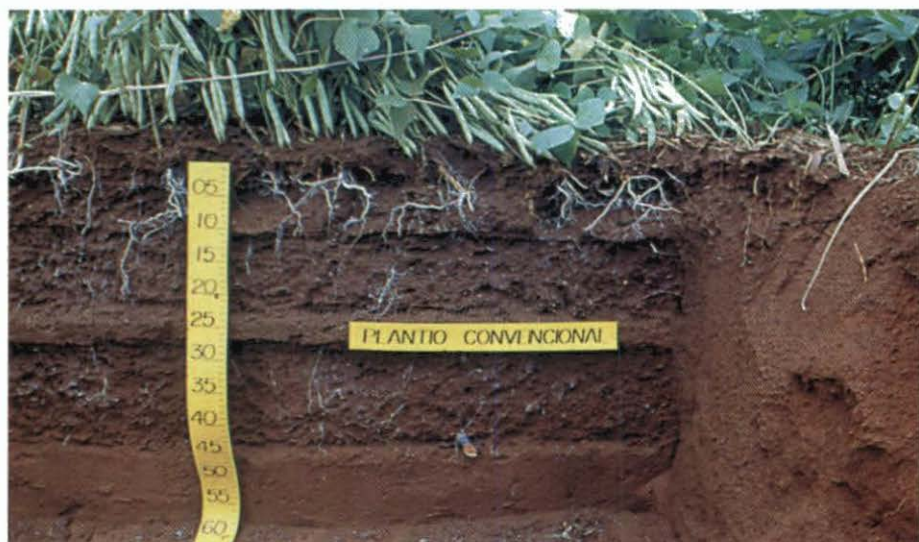


Fig. 53 Efeito do preparo do solo realizado por grade aradora mal-ajustada, causando o adensamento das raízes do feijoeiro na camada superficial.



Fig. 54 Baixa taxa de germinação causada por mal-ajustamento da plantadora.



Fig. 55 Cultivo mecanizado do feijoeiro, três semanas após a germinação.



Fig. 56 Capinadeira manual adaptada a trator de baixa potência.

6.2 Danos causados por agroquímicos

Muitos agroquímicos, quando aplicados em doses abusivas, podem causar danos aos tecidos das folhas e, em alguns casos, levar a planta à morte. Aplicações de doses mais altas que as recomendadas de fertilizantes, inseticidas, fungicidas e fertilizantes foliares são comuns em campos comerciais para aumentar a margem de segurança por parte do agricultor, mas podem trazer problemas à planta. Além do mais, as aplicações em épocas impróprias e a escolha de herbicidas não seletivos causam severos problemas de queima. Os danos causados pelos agroquímicos diferem dos sintomas de toxicidade ou de deficiência de nutrientes minerais, resultando no aumento rápido da concentração do produto na superfície da folha devido à evaporação. Essa alta concentração na superfície da folha causa aumento da pressão osmótica, havendo absorção de água das células, o que causa necrose. Normalmente, ocorre queima das regiões da nervura e internervurais indiscriminadamente. Ao contrário, os sintomas de deficiência ou de toxicidade mineral nunca produzem necrose das nervuras.

A aplicação de doses muito altas de fertilizantes na base das plantas, em solos ácidos, pode reduzir a taxa de germinação do feijoeiro (Figura 57) e causar necrose, que vai das margens da folha em direção ao ápice (Figura 58). Também o tempo de germinação torna-se mais longo e a densidade de plantas

é significativamente reduzida. Para aumentar a eficiência do uso de fertilizantes químicos em solos ácidos pouco férteis, comumente faz-se a aplicação de fertilizantes em sulcos. Os fertilizantes são distribuídos mecanicamente através de tubo distribuidor de fertilizantes, mas a obstrução do tubo por solo muito úmido pode causar desuniformidade na distribuição do fertilizante e retardar o crescimento das plantas naquela linha (Figura 59).



Fig. 57 Redução da taxa de germinação em solos ácidos provocada pela aplicação de altas doses de fertilizantes.



Fig. 58 Necrose das margens e encurvamento da folha do feijoeiro devido à aplicação de altas doses de fertilizantes.



Fig. 59 Crescimento reduzido pela falta de fertilizantes nas linhas, em Oxissolos, devido à obstrução do distribuidor de fertilizante.

6.2.1 Queima por herbicidas

Os herbicidas, mesmo os mais seletivos, podem tornar-se fitotóxicos quando algum fator relacionado com as práticas culturais não é favorável, tal como, mal preparo do solo, presença de grandes torrões, solo arenoso com baixo teor de matéria orgânica e baixa capacidade tampão, plantio raso e sementes malcobertas, provocando contato direto herbicida-plântula, e umidade em excesso durante a germinação, o que permite que o herbicida seja absorvido pelas sementes ou pelas plantas em estádios precoces. Em plantios com irrigação no verão pode ocorrer fitotoxicidade devido à alta taxa de transpiração do feijoeiro sob altas temperaturas. Nestas condições, a planta absorve grandes quantidades de água contendo herbicida. Há, também, diferenças genéticas quanto à resistência a herbicidas e, portanto, é possível fazer melhoramento da planta para aumentar sua resistência a doses pesadas desses produtos. Há herbicidas que, mesmo quando bem recomendados, provocam queima das plantas quando a aplicação não é feita corretamente. O feijoeiro é sensível aos resíduos de 2,4 D e Atrazina. Alguns herbicidas mais comumente usados em feijoeiro são Linuron (Figura 60), mistura de Fomesafen e Fluoizifop-butil (Figura 61) e Imasaphyr (Figura 62).



Fig. 60 Sintomas de queima causada pela aplicação do herbicida Linuron durante um dia quente e ensolarado.



Fig. 61 Sintomas de queima moderada causada pela aplicação da mistura dos herbicidas Fomesafen e Fluzifop-butil.



Fig. 62 Danos causados pelo herbicida não recomendado Imazaphyr.

6.2.2 Queima por inseticidas e fungicidas

Normalmente, a queima das plantas é causada por doses muito altas de vários inseticidas, ou por aplicações freqüentes desses produtos em curto espaço de tempo. Quando Carbofuran é aplicado no solo em altas doses pode resultar em necrose, que ocorre das margens da folha em direção ao ápice (Figura 63). O mesmo acontece com os fungicidas, como, por exemplo, Pyrozaphos (Figura 64).



Fig. 63

Necrose da margem e encurvamento das folhas causados por queima devido à aplicação excessiva do inseticida Carbofuran.



Fig. 64 Queima causada pelo fungicida Pyrozaphos.

6.3 Irrigação

É difícil ter uma distribuição uniforme da água através da irrigação, quando se usa aspersão de alta pressão. A distribuição de água desses equipamentos é influenciada pela velocidade do vento e pela inclinação do terreno. A irrigação em sulcos depende do bom nivelamento do solo. O feijoeiro é muito suscetível ao excesso de água. O primeiro sintoma do excesso de água é o amarelecimento uniforme de toda a lâmina foliar das folhas mais baixas (Figura 65). Quando a inundação dura mais que 24 horas, as raízes adventícias crescem sobre as raízes principais (Figura 66). Períodos mais longos do que 48 horas de inundação causam a morte das plantas, com as folhas apresentando coloração marrom-escura e tornando-se quebradiças (Figura 67). Algumas vezes, o encharcamento ocorre somente em áreas irregulares e os sintomas podem facilmente ser confundidos com *murcha-de-Fusarium*, quando observados vários dias após a secagem do solo (Figura 68). A irrigação por aspersão de feijoeiro que recebeu adubação elevada por ocasião do plantio, quando realizada ao meio-dia e sob insolação intensa, pode vir a causar queimaduras nas bordas das folhas (escaldadura), como consequência da alta quantidade de sais absorvida (Figura 69). O excesso de chuvas causa amarelecimento de toda a lâmina das folhas superiores em estágio de vegetação precoce. O sintoma desaparece após vários dias sem chuva (Figura 70). Chuvas pesadas prolongadas durante o estágio de maturação das vagens causam germinação das sementes ainda dentro das vagens de algumas variedades. Isso ocorre especialmente quando a vagem tem alto teor de fibras. Durante o processo de maturação, as rachaduras nas vagens facilitam a entrada de água, causando germinação das sementes (Figura 71).

Em áreas de produção de feijoeiro utilizando subirrigação, sistema no qual a água é fornecida à cultura pelo levantamento do nível do lençol freático, pode ocorrer excesso de umidade e até inundação temporária, pois há muita dificuldade em controlar com precisão o nível do lençol freático. Quando este nível está alto (Figura 72) ocorre crescimento superficial das raízes. Ao evitar a lâmina de água, a raiz principal fica torta, formando um "L", porém, as raízes secundárias crescem normalmente (Figura 73). Os sintomas assemelham-se aos da toxicidade de alumínio, havendo diferenças na formação das raízes. A toxicidade de alumínio normalmente mata o ápice da raiz principal e muitas raízes adventícias são formadas para compensar sua perda. O lençol freático alto causa encurvamento das pontas das raízes, mas as raízes secundárias e terciárias permanecem intactas. Em solo frequentemente inundado, recomenda-se o plantio em camalhão, pois cria maior volume de solo para ser explorado pelas raízes.

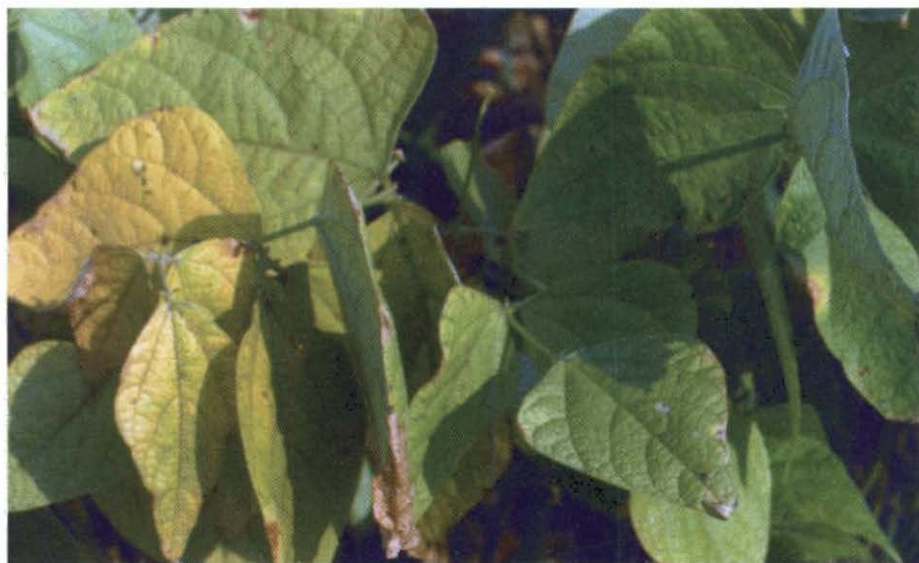


Fig. 65 Amarelecimento das folhas baixas devido à irrigação excessiva.



Fig. 66

Formação de raízes adventícias sobre o colar radicular devido à inundação durante 48 horas.



Fig. 67

Planta morta devido à inundação prolongada, mostrando folhas secas, quebradiças, ainda ligadas ao caule do feijoeiro.

Fig. 68

Sintomas do efeito de inundação localizada semelhantes aos sintomas causados por murcha-de-*Fusarium*.





Fig. 69 Queima das folhas do feijoeiro causada por excesso de sais absorvido quando irrigado durante dias quentes e ensolarados (escaldadura).



Fig. 70 Amarelecimento das folhas superiores inteiras devido ao excesso temporário de chuvas ou de irrigação. Estes sintomas desaparecem após alguns dias secos.



Fig. 71

Sementes germinadas nas vagens devido ao excesso de chuvas na época da colheita.

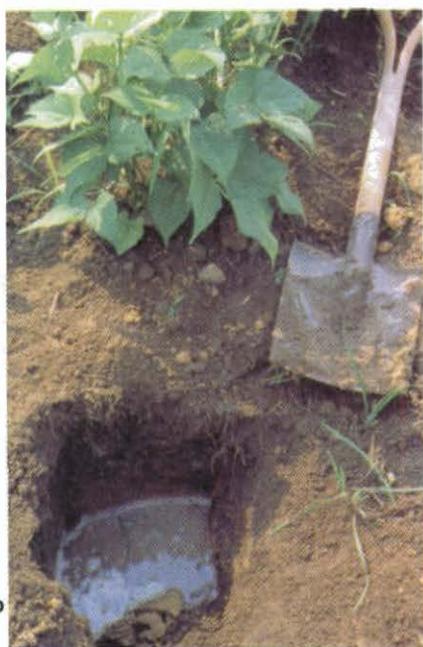


Fig. 72

Enraizamento superficial do feijoeiro causado por lençol freático alto.



Fig. 73 Raiz encurvada causada por lençol freático alto, ainda com suficiente quantidade de raízes secundárias.

6.4 Déficit de água

As sementes grandes resistem melhor ao estresse de água desde a germinação até a formação da primeira folha trifoliolada (Figura 74). O déficit de água causa crescimento atrofiado e plantas de coloração muito escura (Figura 75). A Figura 76 mostra plantas com folhas na vertical indicando um estresse temporário de água (transpiração maior que absorção).

6.5 Clima

Os danos causados por chuvas de granizo podem ocorrer em regiões tropicais, provocando estragos nas folhas, no caule e nas vagens (Figuras 77 e 78). O bronzeamento das vagens, causado por queima pelo sol (Figura 79), pode acontecer em dias muito quentes.

Algumas vezes podem ocorrer danos por geadas em plantios de inverno. Em estádios vegetativos jovens, as geadas queimam as folhas, mas normalmente a planta se recupera com a formação de novas folhas em curto período de tempo. Quando a geada ocorre somente por algumas noites, as plantas recuperam-se facilmente. Se a geada ocorre durante o estágio desde a formação de vagens até a maturidade, causa danos às vagens. Os danos das geadas aos grãos e às vagens são semelhantes àqueles causados por cretamento-bacteriano-comum (Figura 80). A testa das sementes racha e quebra quando a geada ocorre no período em que as vagens estão quase maduras. Estas rachaduras normalmente produzem grãos com sintomas semelhantes ao problema genético chamado olho-de-peixe (Figura 81). Alguns genótipos são mais resistentes que outros aos estresses causados por baixas temperaturas (Figura 82).



Fig. 74 As sementes pequenas são mais sensíveis à falta de água que as sementes grandes durante o processo de germinação.



Fig. 75 Plantas anãs com folhas verde-escuras causadas por déficit de água severo e prolongado.



Fig. 76 Plantas com folhas na vertical indicando um estresse temporário de água (transpiração maior que absorção).



Fig. 77 Furos nas folhas causados por chuva de granizo.



Fig. 78 Vagens novas danificadas por chuva de granizo.



Fig. 79 Bronzeamento de vagens causado por queima pelo sol.



Fig. 80 Danos às sementes e às vagens causados por geada. Sintomas semelhantes aos causados por cretamento-bacteriano.



Fig. 81 Ruptura do tegumento da semente causada por geada. Sintomas semelhantes ao problema genético denominado olho-de-peixe.



Fig. 82 Genótipos resistentes a geadas ao lado de genótipo suscetível.

Quando ocorrem baixas temperaturas na época de pré-floração, a folha central do trifólio se deforma e o ápice da folha torna-se arredondado por não ser possível ocorrer alongamento da nervura principal. Normalmente, as folhas tornam-se ligeiramente amarelas. Depois de vários dias quentes os sintomas desaparecem. Em região feijoeira de baixa latitude ($> 23^{\circ}$ Sul), estes sintomas são comuns (Figura 83). A baixa temperatura também causa menor tamanho das lâminas das folhas, induzindo altos teores de nitrogênio, fósforo, cálcio e manganês (Tabela 37).

O excesso de ozônio próximo à superfície do solo causa bronzeamento da lâmina foliar (Figura 84), o que pode ocorrer especialmente no fim da estação seca no cerrado brasileiro, devido às queimadas das pastagens para reduzir a infestação de pragas e limpar o pasto de plantas daninhas. A concentração de ozônio aumenta de 20 ppb para 60 ppb. A alta concentração de ozônio reduz a taxa relativa de crescimento e a produção de vagens, ocorrendo redução do nitrogênio total (Blum & Heck, 1980). Nenhuma medida preventiva contra este efeito do clima está disponível até a presente data.



Fig. 83 Baixa temperatura noturna causa arredondamento do folíolo central das folhas trifolioladas e amarelecimento das folhas trifolioladas recém-abertas.



Fig. 84

Toxicidade de ozônio causa bronzeamento da lâmina foliar.

6.6 Danos mecânicos às sementes

O dano mecânico às sementes é difícil de ser detectado quando elas não estão totalmente quebradas. A rachadura do tegumento é comum, mas pode não ser percebida a olho nu. Quando as sementes são colhidas com umidade abaixo de 14%, podem ocorrer danos mecânicos durante o seu processamento. Quando essas sementes são utilizadas para plantio, as folhas dicotiledonais são defeituosas ou ausentes. Em muitos casos, o crescimento do ápice da planta cessa (Figura 85). Quando o dano é esperado, devem-se realizar testes de germinação das sementes, especialmente quando estas têm menos de 10% de umidade.

TABELA 37 Efeitos da baixa temperatura sobre o teor de vários nutrientes nas folhas do feijoeiro.

Estádio	Temperatura	Nutriente								
		N	P	K	Ca	Mg	Zn	Cu	Mn	Fe
		----- % -----			----- ppm -----			-----		
Floração plena	Normal	4,80	0,35	2,10	1,38	0,61	74	6	65	170
	Baixa	6,40	0,69	2,65	0,74	0,41	67	8	20	210
Enchimento de grãos	Normal	4,50	0,31	2,05	2,32	0,70	280	8	345	180
	Baixa	6,40	0,65	2,25	1,27	0,54	265	12	280	175

Fonte: Dados não publicados do primeiro autor.



Fig. 85 Danos mecânicos ocorridos durante o processamento de sementes com baixo teor de umidade produz plântulas sem o ponto de crescimento apical.

7 PREVENÇÃO E CORREÇÃO DAS DESORDENS NUTRICIONAIS

7.1 O “status” dos nutrientes no solo

Quando um sintoma de deficiência de um macro ou micronutriente é detectado, não significa que aquele elemento em particular esteja totalmente ausente. Possivelmente, a disponibilidade deste nutriente é baixa e a capacidade de recomposição do elemento no solo é lenta, resultando numa quantidade insuficiente para satisfazer as necessidades da planta, aparecendo, então, o sintoma de deficiência.

Em solos ácidos tropicais, o fósforo está na solução do solo em torno de 0,1 ppm. Quando este nutriente é extraído do solo por ácido fraco é encontrado em torno de 1 ppm a 2 ppm. Por outro lado, o fósforo total no solo está em torno de 250 ppm a 450 ppm, mas o elemento está sendo liberado lentamente, através de intemperização, não se deslocando muito pelo processo de difusão. Uma parte do fósforo pode também ser derivada da mineralização da matéria orgânica ou de resíduos vegetais, mas esse suprimento é também muito baixo para satisfazer as necessidades da planta; conseqüentemente, uma adubação química ou orgânica é necessária. Somente 30% do fósforo dos fertilizantes químicos aplicados no solo é utilizado pelo feijoeiro e o restante do fósforo disponível é rapidamente fixado nas partículas do solo. Assim, em solos tropicais, deve-se aplicar fósforo imediatamente antes do plantio.

A aplicação de fertilizantes nitrogenados deve ser feita junto com a dos fosfatados, devido à sua perda através de lixiviação e volatilização se aplicados

muito antes do plantio. A máxima volatilização ocorre quando o nitrogênio é aplicado em cobertura ao lado da linha sem incorporação (normalmente aos 21 dias após a emergência), ficando exposto ao sol e à chuva. Normalmente, o produtor não faz a incorporação do adubo nitrogenado imediatamente após a sua aplicação por falta de conhecimento da importância desta prática cultural para a produção. A aplicação de adubos fosfatados deve ser feita em profundidades maiores que 15 cm para melhor aproveitamento do nutriente devido à maior disponibilidade de água na camada mais profunda do solo (Thung et al., 1982).

Há três tipos de deficiência comumente encontrados no campo:

1) Deficiência absoluta, quando o elemento específico no solo não é suficiente para cobrir a demanda. Isto ocorre em áreas isoladas nos trópicos, onde o feijoeiro é cultivado em solos arenosos, com teor de matéria orgânica muito baixo. O nitrogênio é um dos nutrientes mais deficientes nos solos arenosos, porque o reabastecimento normal deste elemento através da mineralização da matéria orgânica é limitado;

2) O teor do nutriente no solo é suficiente, mas a disponibilidade para a planta, por alguma razão, é muito baixa para satisfazer as suas necessidades. Ocorre normalmente em solos com pH alto (acima de 7,5), onde o zinco e o boro podem ser fixados. O fósforo também pode ser temporariamente fixado como fosfato de cálcio no solo, quando o pH é maior que 7,5, ao contrário do manganês. Os solos originários de cinzas vulcânicas, com pH baixo (< 5,0), têm grande quantidade de manganês, mas em forma não disponível para a planta (Mn^{5+} e Mn^{7+}). Ele torna-se disponível quando ocorre redução de Mn^{4+} para Mn^{2+} , a forma utilizada pela planta, devido à inundação temporária; e

3) Quando há desbalanceamento de um micro ou macronutriente. O manganês e o boro podem tornar-se temporariamente indisponíveis devido à aplicação de altas doses de calcário de uma só vez, como é feito em solos de cerrado. Frequentemente são observados efeitos do excesso de calcário no campo, não devido à aplicação de doses altas, mas à sua má distribuição.

7.2 Aplicações foliares como meio de corrigir deficiências nutricionais

A aplicação foliar é um método muito prático para corrigir as deficiências de micronutrientes resultantes de calagens pesadas para correção de acidez. A aplicação de macronutrientes via foliar geralmente não é recomendada, porque a quantidade de nutriente aplicada é muito pequena, comparada com a necessidade da planta nos seus vários estádios de crescimento. A quantidade de macronutrientes que pode ser aplicada de uma vez é pequena,

devido à baixa tolerância das folhas do feijoeiro a altas concentrações de sal. Os fertilizantes comumente usados para pulverização foliar são mostrados na Tabela 38. Somente um fertilizante iônico líquido, como o APP (polifosfato de amônio), pode ser aplicado em feijoeiro em altas concentrações ($\pm 10\%$ peso/volume) sem causar queima significativa das folhas.

A hora da aplicação foliar é também importante. Quando possível, deve-se aplicar pela manhã ou à tarde para evitar a queima. A ocorrência de chuva após a aplicação pode eliminar seu efeito. A Tabela 39 mostra o tempo requerido para a absorção de 50% do nutriente aplicado.

7.3 Prática da calagem

A calagem é a prática mais comum para corrigir a toxicidade de alumínio. Devem ser feitas análises de solo, e os teores de alumínio e de outros cátions devem ser levados em consideração. Kamprath (1970) introduziu o conceito de saturação de alumínio, expresso como:

$$\text{Saturação de } \text{Al}^{3+} = \frac{\text{Al}^{3+}}{\text{Al}^{3+} + \text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} + \text{K}^{+}} \times 100$$

Não há nenhuma fórmula perfeita para calcular a dosagem de calcário, porque a concentração de cátions dos solos não propicia informação suficiente para se conhecer o nível de toxicidade do elemento. A matéria orgânica é o parâmetro mais importante na determinação do nível de toxicidade de alumínio. Thomas (1975) mostrou uma forte correlação entre o teor de matéria orgânica e a toxicidade de alumínio, pois o alto teor de matéria orgânica atua como um tampão, reduzindo o efeito da toxicidade deste elemento. Em solos com menos de 2% de matéria orgânica, uma taxa de saturação de alumínio de 15% é o limite, enquanto em solos com teor de matéria orgânica em torno de 10%, uma saturação de alumínio acima de 50% é ainda aceitável para o cultivo do feijoeiro. Algumas fórmulas não incluem a matéria orgânica, porque assume-se que nos trópicos o seu teor no solo é menor que 2%.

As fórmulas comumente usadas no Brasil para calcular as doses de calcário a serem aplicadas são as seguintes:

1) Para solos argilosos, com altos teores de Al^{3+} trocável:

$$\text{Calcário (t/ha)} = \text{Al}^{3+} \text{ trocável} / 100 \text{ ml de solo} \times 2,0$$

2) Para solos arenosos:

$$\text{Calcário (t/ha)} = 3,5 - (\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+} \text{ trocáveis})$$

TABELA 38 Alguns fertilizantes usados para aplicação foliar.

Fonte	Fertilizante	Fórmula	Elemento (%)	Dose ⁽¹⁾
N	Uréia	$\text{CO}(\text{NH}_4)_2$	45 N	1,0
P	Monofosfato de cálcio	CaHPO_4	22,7 P; 29 Ca	1,0
	Monofosfato de potássio	KH_2PO_4	22,7 P; 29 K	1,0
	Polifosfato de amônio	$(\text{NH}_4)_n\text{H}_m(\text{PO}_4)_{n+m}$	17 P; 14 N	1,0
K	Sulfato de potássio	K_2SO_4	45 K	1,0
Ca	Nitrato de cálcio	$\text{CaNO}_3 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	15 Ca	1,0
Mg	Sulfato de magnésio	$\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	10 Mg	2,5
Zn	Sulfato de zinco	$\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	23 Zn	2,5
	Óxido de zinco	ZnO	78 Zn	1,0
	Zn-EDTA	Zn-EDTA	14 Zn	1,0
Cu	Sulfato de cobre	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	25,5 Cu	2,0
	Cu-EDTA	Cu-EDTA	13 Cu	0,6
Mn	Sulfato de manganês	$\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	24,6 Mn	2,0
	Mn-EDTA	Mn-EDTA	12 Mn	1,0
Fe	Sulfato de ferro	$\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$	20 Fe^{2+}	0,6
	Fe-EDTA	Fe-EDTA	5 - 14 Fe^{2+}	1,0
B	Bórax	$\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$	11 B	2,5
	Ácido bórico	H_2BO_3	17 B	1,5
Mo	Heptamolibdato de amônio	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	54 Mo	1,0
	Heptamolibdato de sódio	Na_2MoO_7	39 Mo	1,0

⁽¹⁾ Dose (kg fertilizante/100 litros de água).

TABELA 39 Taxa de absorção de nutrientes através de aplicação foliar em feijoeiro.

Elemento	Tempo requerido para absorção de 50%	
	Horas	Dias
N	1 - 6	
P		6
K	24	
Ca		4
Mg	24	
S		8
Cl		2
Fe	8% em 24	50% em 15
Mn		1 - 2
Zn	24	
Mo	4% em 24	50% em 15

Fonte: Wittwer (1964).

3) Quando nenhum dado de análise de solo está disponível, pode-se aplicar 5 t de calcário dolomítico/ha, sem geração de efeito colateral.

A escolha do calcário é também importante. Deve-se utilizar calcário de textura fina e seu poder de neutralização e teor de umidade devem ser checados antes da aquisição. O alto teor de umidade do calcário, além de influenciar sua qualidade como corretivo, faz seu preço aumentar. O calcário com muita umidade não pode ser distribuído uniformemente e tende a obstruir o aplicador. A maioria dos fertilizantes comerciais usados nos trópicos causa acidez, e sua aplicação contínua em altas doses requer aplicações de calcário mais freqüentes. As quantidades de calcário requeridas para neutralizar a acidez causada pelos fertilizantes ácidos estão relacionadas na Tabela 40.

Uma boa correção do solo é essencial para o sucesso da cultura. A uniformidade de aplicação no campo é de difícil execução, mas a aplicação da metade da dose antes da aração e da outra metade antes da gradagem tem resultado em boas produções.

Quando uma lavagem do solo com água limpa é impossível, aplica-se o calcário para recuperar os solos salinos. O uso de calcário dolomítico pode

causar estreitamento da razão Ca:Mg, que normalmente deve ser, no mínimo, maior que 2. Nestas condições, poucas culturas podem crescer.

Os fertilizantes fosfatos contêm sílica e podem neutralizar, até certo ponto, a toxicidade de alumínio.

TABELA 40 Quantidade de calcário necessária para neutralizar a acidificação causada pelos fertilizantes químicos.

Fertilizante	Equivalente em CaCO_3 (kg)
Sulfato de amônio (100 kg)	110
Nitrato de amônio (100 kg)	60
Sulfato de potássio (100 kg)	Neutro
Enxofre mineral (40 kg)	100

Fonte: Jacob & Uexküll (1963).

7.4 Matéria orgânica

Denomina-se matéria orgânica os resíduos desuniformes de plantas e animais que estão em estágio de decomposição, antes de se tornarem húmus, cuja origem é impossível de ser reconhecida. O seu teor no solo varia de menos de 1% até 19%. Nas regiões onde predominam os Oxissolos, a matéria orgânica das terras agrícolas raramente é maior que 2%. Normalmente, quanto maior o teor de argila no solo, mais alto é o teor de matéria orgânica. Aumentar o teor de matéria orgânica em solos de regiões quentes e úmidas ou semi-úmidas é difícil sem a prática do cultivo mínimo e o uso de herbicidas. A matéria orgânica, em geral, tem a relação C : N : P : S de 100 : 10 : 2 : 1. É amplamente conhecido o efeito benéfico da matéria orgânica na agregação e estruturação do solo, no aumento da aeração do solo, na melhoria da capacidade de retenção de água e também da capacidade de troca de cátions das argilas (dependente do pH), no aumento da capacidade tampão, na capacidade quelante, no controle de liberação dos nutrientes como nitrogênio, fósforo e enxofre e na redução do fluxo de manganês e alumínio tóxicos. A adição de matéria orgânica ao solo aumenta a eficiência dos fertilizantes químicos como pode ser verificado na parte abaixo da Figura 86.

O cultivo mínimo e o plantio direto sem remoção do solo podem, ao longo do tempo, aumentar o teor de matéria orgânica do solo, mas não podem ser praticados em todos os tipos de solos. Os solos compactados, com alto teor de alumínio tóxico, devem ser corrigidos antes que o plantio direto possa ser executado com sucesso. Os pequenos proprietários, sem maquinaria, podem utilizar o cultivo em faixas, com cultivo de adubo verde apropriado, o qual deve ser cortado e espalhado uniformemente antes do plantio. Esta é uma prática comum entre os agricultores africanos, mas pouco utilizada nos países latino-americanos.



Fig. 86

Matéria orgânica incorporada durante o preparo do solo aumenta o vigor de crescimento nos estádios jovens da planta em solos ácidos inférteis, conforme mostra a parte inferior da figura.

8 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABRUÑA, F.; PEARSON, R.W.; PÉREZ-ESCOLAR, R. Respuesta del maíz y del frijol al encalamiento en oxisoles y ultisoles de Puerto Rico. In: BORNEMISZA, E.; ALVARADO, A. (Eds). **Manejo de suelos en la América Tropical**. Raleigh: North Carolina State University, 1974. p.267-286.
- BARBOSA FILHO, M.P. **Efeitos de idade, fósforo, molibdênio e cobalto nas porcentagens de NPK em diferentes partes do feijoeiro-comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Lavras: ESAL, 1977. 63p. Tese Mestrado.
- BATISTA, C.M. **Absorção e distribuição de micronutrientes (Cu, Zn, B, Mn) no feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.): efeitos da densidade e época de plantio**. Viçosa: UFV, 1974. 59p. Tese Mestrado.
- BERRIOS, L.; BERGMAN, E.I. La influencia de magnesio en el análisis foliar, rendimiento y calidad de habichuelas tiernas. **Proceedings of the American Society for Horticultural Science-Tropical Region**, Mount Vernon, v.11, p.151-158, 1968.
- BLASCO, M.; PINCHINAT, A.M. Absorción y distribución de nutrientes en el frijol. In: REUNIÓN ANUAL DEL PCCMCA, 18., 1972, Managua, Nicaragua. **Proceedings**. Turrialba: IICA-CATIE, 1972. [paginação irregular].
- BLUM, U.; HECK, W.W. Effects of acute ozone exposures on snap bean at various stages of its life cycle. **Environmental and Experimental Botany**, Elmsford, v.20, n.1, p.73-85, 1980.
- BROWN, J.W.; LeBARON, M. **Zinc fertilizers for beans in Southern Idaho**. Moscow: Agricultural Experimental Station of the University of Idaho, 1970. 1v. (Current Information Series, 130).
- CATE JR., R.B.; NELSON, L.A. **A rapid method for correlation of soil test analysis with plant response data**. Raleigh: North Carolina State University, 1965. 24p. (Technical Bulletin, 1).
- CHANG, S.C.; JACKSON, M.L. Fractionation of soil phosphorus. **Soil Science**, Baltimore, v.84, p.133-144, 1957.
- CHAPMAN, H.D. **Diagnostic criteria for plants and soils**. Berkeley: University of California, 1966. 793p.
- COBRA NETTO, A. **Absorção e deficiências dos macronutrientes pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L. var. Roxinho)**. Piracicaba: ESALQ, 1967. 69p. Tese Doutorado.
- COBRA NETTO, A.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E. Estudos sobre a nutrição mineral do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L., var. Roxinho). **Anais da ESALQ**, Piracicaba, v.28, p.257-274, 1971.

- COYNE, D.P.; KORBAN, S.S.; KNUDSEN, D.; CLARK, R.B. Inheritance of iron deficiency in crosses of dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.). **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.5, n.4/7, p.575-585, 1982.
- DEBOUCK, D.G. **Etude d'une relation entre nutrition minerale equilibree et morphogenese chez (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Gembloux: Faculté des Sciences Agronomiques de l'État, 1976. 204p. Tese Doutorado.
- DELGADO, E. **El nivel crítico del fósforo en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.)**. San José: Universidad de Costa Rica, 1971. 58p. Tese Graduação.
- DÖBEREINER, J.; ALVAHYDO, R. Eliminação da toxidez de manganês pela matéria orgânica em solo "Gray hidromórfico". **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Rio de Janeiro, v.1, p.243-248, 1966.
- FEITOSA, C.T.; RONZELLI JUNIOR, P.; ALMEIDA, L.D.A. de; VEIGA, A.A.; HIROCE, R.; JORGE, J.P.N. Adubação NP para o feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) na presença e na ausência de calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.4, n.3, p.156-159, 1980.
- GALLO, J.R.; MIYASAKA, S. Composição química do feijoeiro e absorção de elementos nutritivos, do florescimento à maturação. **Bragantia**, Campinas, v.20, n.40, p.867-884, 1961.
- HAAG, H.P.; MALAVOLTA E.; GARGANTINI, H.; GARCIA BLANCO, H. Absorção de nutrientes pela cultura do feijoeiro. **Bragantia**, Campinas, v.26, n.30, p.381-391, 1967.
- HAAG, W.L.; ADAMS, M.W.; WIERSMA, J.V. Differential responses of dry bean genotypes to N and P fertilization of a Central American soil. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.4, p.565-568, 1978.
- HEENAN, D.P.; CARTER, O.G. Influence of temperature on the expression of manganese toxicity by two soybean varieties. **Plant and Soil**, The Hague, v.47, n.1, p.219-227, 1977.
- HOWELER, P. **La fertilización en el frijol (*Phaseolus vulgaris* L.): elementos mayores y secundarios**. Cali: CIAT, 1975. 50p.
- JACOB, A.; UEXKÜLL, H. von. **Fertilizer use, nutrition and manuring of tropical crops**. 3.ed. Hannover: Verlagsgesellschaft, 1963. 566p.
- JONES JR., J.B.; LARGE, R.L.; PFLEIDERER, D.B.; KLOSKY, H.S. The proper way to take a plant sample for tissue analysis. **Crops and Soils Magazine**, Madison, v.23, n.8, p.15-18, 1971.
- KAMPRATH, E.J. Exchangeable aluminum as a criterion for liming leached mineral soils. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.34, n.2, p.252-254, 1970.

- KEENEY, D.R.; BREMNER, J.M. Comparison and evaluation of laboratory methods of obtaining an index of soil nitrogen availability. **Agronomy Journal**, Madison, v.58, n.5, p.498-503, 1966.
- KNEZEK, B.D.; GREINERT, H. Influence of soil Fe and MnEDTA interactions upon the Fe and Mn nutrition of bean plants. **Agronomy Journal**, Madison, v.63, n.4, p.617-619, 1971.
- LESSMAN, G.M. **Zinc-phosphorus interactions in *Phaseolus vulgaris***. East Lansing: Michigan State University, 1967. 71p. Tese Doutorado.
- LEWIS, D.H. Boron, lignification and the origin of vascular plants - a unified hypothesis. **New Phytologist**, London, v.84, n.2, p.209-229, 1980.
- LOPES, A.S. **Manual de fertilidade do solo**. São Paulo: ANDA, 1989. 155p.
- LOPES, A.S.; COX F.R. A survey of the fertility status of surface soils under "Cerrado" vegetation in Brazil. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.41, n.4, p.742-747, 1977.
- LUEBS, R.E.; STANFORD, G.; SCOTT, A.D. Relation of available potassium to soil moisture. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.20, n.1, p.45-50, 1956.
- MacKAY, D.C.; LEEFE, J.S. Optimum leaf levels of nitrogen, phosphorus and potassium in sweet corn and snap beans. **Canadian Journal of Plant Science**, Ottawa, v.42, p.238-246, 1962.
- MALAVOLTA, E. Reação do solo e crescimento das plantas. In: MALAVOLTA, E. (Coord.). **Seminário sobre corretivos agrícolas**. Campinas: Fundação Cargill, 1985. p.3-64.
- MASCARENHAS, H.A.A.; ALMEIDA, L.D.A.; MIYASAKA, S.; FREIRE, E.S.; CIONE, J.; HIROCE, R.; PIO NERY, J. Adubação mineral do feijoeiro. XII. Efeitos da calagem, do nitrogênio e do fósforo em solo Latossolo Vermelho Amarelo do Vale do Ribeira. **Bragantia**, Campinas, v.28, n.7, p.71-83, 1969.
- MENTEN, J.O.M.; MALAVOLTA, E.; SABINO, J.C.; VEIGA, A.A.; TULMANN NETO, A. Anomalia do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) semelhante à virose, causada por toxidez de manganês. **Fitopatologia Brasileira**, Brasília, v.6, n.2, p.179-185, 1981.
- MUZILLI, O.; GODOY, O.P. **Acidez do solo e desenvolvimento do feijoeiro**. II. Ação de diferentes níveis de acidez do solo na absorção de N, P, K, Ca e Mg pelo feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar "Goiano Precoce" em solo Latossol Roxo distrófico. Londrina: IAPAR, 1977. 36p. (IAPAR. Boletim Técnico, 8).
- NAIDOO, G.; STEWART, J.M.; LEWIS, R.J. Accumulation sites of Al in snapbean and cotton roots. **Agronomy Journal**, Madison, v.70, n.3, p.489-492, 1978.
- RAMIREZ, M.G.F. **Sintomas de deficiencia de minerales en plantas de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) y sus relaciones nutritivas específicas**. San José: Universidad de Costa Rica, 1969. 66p.

- SANCHEZ, P.A.; COCHRANE, T.T. Soil constraints in relation to major farming systems of tropical America. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. **Soil-related constraints to food production in the tropics: priorities for alleviating**. Los Baños, 1980. p.107-139.
- SEARLE, P.L.; SPARLING, G.P. The effect of air-drying and storage conditions on the amounts of sulfate and phosphate extracted from a range of New Zealand Topsoils. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.18, n.7, p.725-734, 1987.
- SILLANPÄÄ, M. **Micronutrients and the nutrient status of soils: a global study**. Rome: FAO, 1982. 444p. (FAO. Soils Bulletin, 48).
- SILVEIRA, P.M. da. **Efeito de diferentes manejos da profundidade do lençol freático sobre o feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.)**. Viçosa: UFV, 1987. 100p. Tese Doutorado.
- THOMAS, G.W. The relationship between organic matter content and exchangeable aluminum in acid soil. **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, v.39, n.3, p.591, 1975.
- THUNG, M. Phosphorus: a limiting nutrient bean (*Phaseolus vulgaris* L.) production in Latin America and field screening for efficiency and response. In: EL BASSAM, N.; DAMBROTH, M.; LOUGHMAN, B.C. (Eds.). **Genetic aspects of plant mineral nutrition**. Dordrecht: Kluwer, 1990. p.501-521.
- THUNG, M.; FERREIRA, R.M.; CABRERA, J.L. Maintaining the fertility of the oxisols under intensive bean production systems. In: VOYSEST, O. (Ed.). **An ecoregional framework for bean germplasm development and natural resources research**. Cali: CIAT, 1991. (CIAT. Documento de Trabajo). p.336-371.
- THUNG, M.; ORTEGA, J.; RODRIGUEZ, R. Respuesta y aprovechamiento del fósforo aplicado a dos profundidades y su efecto en el rendimiento del frijol (*Phaseolus vulgaris* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE FEIJÃO, 1., 1982, Goiânia, GO. **Anais**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1982. p.205. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 1).
- TRANI, P.E.; HIROCE, R.; BATAGLIA, O.C. **Análise foliar: amostragem e interpretação**. Campinas: Fundação Cargill, 1983. 18p.
- VIEIRA, C.; NOGUEIRA, A.O.; ARAUJO, G.A. de A. Adubação nitrogenada e moliúdbica na cultura do feijão. **Revista de Agricultura**, Piracicaba, v.67, p.117-124, 1992.
- WILCOX, G.E.; FAGERIA, N.K. **Deficiências nutricionais do feijão, sua identificação e correção**. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1976. 22p. (EMBRAPA-CNPAP. Boletim Técnico, 5).

- WITTWER, S.H. Foliar absorption of plant nutrients. In: CHANDRA, L. (Ed.). **Advancing frontiers of plant sciences**. New Delhi: Institute for Advancement of Science and Culture, 1964. v.8. p.161.
- WORTMANN, C.S.; KISAKYE, J.; EDJE, O.T. The diagnosis and recommendation integrated system for dry bean: determination and validation. **Journal of Plant Nutrition**, New York, v.15, n.11, p.2369-2379, 1992.

APÊNDICE 1

ESTIMATIVA DA PRODUÇÃO DO FEIJOEIRO ANTES DA COLHEITA

É difícil estimar a produção do feijoeiro no campo por muitas razões. A heterogeneidade do solo associada à incidência de pragas e doenças faz a produção tornar-se desuniforme. O melhor período para estimar a produção é no início da maturação fisiológica, selecionando-se a melhor área representativa da cultura (nem a melhor nem a pior parte).

- 1) Contar o número de plantas em linhas de 10 m de comprimento **(a)**. Assegurar-se de que essa amostra é representativa daquela área (tomar a amostra da melhor ou da pior área que irá super ou subestimar a produção);
- 2) Calcular a área da amostra **(b)**, verificando a tabela de conversão apresentada na página seguinte;
- 3) Selecionar, ao acaso, subamostras de 20 plantas provenientes da amostragem feita no item 1 e fazer a média do número de vagens/20 plantas **(c)**;
- 4) Contar o número médio de sementes por vagem, em 20 vagens, tomando-se 20 plantas como subamostras **(d)**;
- 5) O peso de 100 sementes varia de 18 a 50 g e depende da umidade. No ponto de colheita, a semente do feijoeiro apresenta umidade entre 14 e 18%.

Exemplo:

- 1) O número de plantas em 10 m de fileira é 125 **(a)**;
- 2) A área coberta por 10 m de fileira é 5 m² **(b)** - veja tabela na página seguinte.
- 3) O número médio de vagens por planta em 20 amostras é 6 **(c)**;
- 4) O número médio de sementes por vagem em 20 vagens é 5 **(d)**;
- 5) O peso de 100 sementes, a 14% de umidade, é 22 g **(e)**:

$$\begin{array}{ccccccc}
 \text{Número de plantas em 10 m de comprimento} & \times & \frac{10.000 \text{ (m}^2\text{)}}{\text{área (m}^2\text{)}} & \times & \text{Número de vagens por planta} & \times & \text{Número de sementes por vagem} & \times & \text{Peso de 100 sementes} & = \\
 \\
 (a) & \times & \frac{10.000}{(b)} & \times & (c) & \times & (d) & \times & \frac{(e)}{100} & = \\
 \\
 125 & \times & \frac{10.000}{(5)} & \times & (5) & \times & \frac{(22)}{100} & = & & \\
 \\
 & & & & & & & & & = 1.650 \text{ kg/ha}
 \end{array}$$

Tabela de conversão do comprimento de linhas e da área coberta por 10 m de fileira.

Distância entre linhas (cm)	Área coberta (m ²)
30	3,0
35	3,5
40	4,0
45	4,5
50	5,0
55	5,5
60	6,0
65	6,5
70	7,0

APÊNDICE 2

GLOSSÁRIO E CONVERSÃO DE TABELA

- 1) Substância 1% volume + 99% de solução
1 g de substância em 99 g de solução
- 2) ppm (parte por milhão):
1 ppm = 1 mg/litro
- 3) molar (M):
1 M KCl = 1 mol KCl em 1 litro de solução = 74,5 g KCl em 1 litro de solução
- 4) Equivalente grama:
$$\text{E.g} = \frac{\text{peso molecular do íon (grama)}}{\text{valor da carga do íon}}$$
- 5) Normalidade (N):
1 equivalente grama de uma substância em 1 litro de solução
HCl 1N = 36,5 g HCl/litro = peso molecular HCl = 36,5 g

APÊNDICE 3

CONVERSÃO DOS PARÂMETROS DO SOLO MAIS USADOS

Teor de carbono no húmus está em torno de 58%

1% carbono = 1,724% de matéria orgânica = 1% de carbono

0,5% nitrogênio = 1% matéria orgânica

P	=	0,4369	P ₂ O ₅
2,29 x P	=	1,0	P ₂ O ₅
1,2046 x K	=	1,0	K ₂ O
1,6579 x Mg	=	1,0	MgO
1 meq de K/100 g solo	=	390	ppm K
1 meq de Ca/100 g de solo	=	200	ppm Ca
1 meq de Mg/100 g de solo	=	120	ppm Mg

Exemplo: Peso de 1 ha de solo com 20 cm de profundidade = 2.000.000 kg

1 ppm P = 2 kg P/ha	=	4,58 kg P ₂ O ₅ /ha
1 meq K/100 g de solo	=	780 kg K/ha = 390 ppm K
1 meq Ca/100 g de solo	=	400 kg Ca/ha = 200 ppm Ca
1 meq Mg/100 g de solo	=	240 kg Mg/ha = 120 ppm Mg