

FELJÃO-CAUPI
Avanços tecnológicos

República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento

Roberto Rodrigues
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Luis Carlos Guedes Pinto
Presidente

Silvio Crestana
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Ernesto Paterniani
Hélio Tollini
Marcelo Barbosa Saintive
Membros

Diretoria-Executiva

Silvio Crestana
Diretor-Presidente

José Geraldo Eugênio de França
Kepler Euclides Filho
Tatiana Deane de Abreu Sá
Diretores-Executivos

Embrapa Meio-Norte

Valdemício Ferreira de Sousa
Chefe-Geral

Embrapa Informação Tecnológica

Fernando do Amaral Pereira
Gerente-Geral

***Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Meio-Norte
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento***

FELJÃO-CAUPI

Avanços tecnológicos

Editores Técnicos

Francisco Rodrigues Freire Filho

José Albérico de Araújo Lima

Valdenir Queiroz Ribeiro

Embrapa Informação Tecnológica

Brasília, DF

2005

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Informação Tecnológica

Parque Estação Biológica – PqEB – Av. W3 Norte (final)
Caixa Postal 040315
CEP 70770-901 Brasília, DF
Fone (61) 340-9999
Fax (61) 340-2753
vendas@sct.embrapa.br
www.sct.embrapa.br

Embrapa Meio-Norte

Av. Duque de Caxias, 5.650
Bairro Buenos Aires, Caixa Postal 01
CEP 64006-220 Teresina, PI
Fone (86) 225-1141
Fax (86) 225-1142
www.cpamn.embrapa.br
vendas: sac@cpamn.embrapa.br

Embrapa Informação Tecnológica

Coordenação editorial: *Lillian Alvares*
Lucilene Maria de Andrade
Revisão de texto: *Corina Barra Soares*
Normalização bibliográfica: *Celina Tomaz de Carvalho*
Projeto gráfico e editoração eletrônica: *José Batista Dantas*
Capa: *Carlos Augusto Holanda Batalha*

Embrapa Meio-Norte

Revisão técnica: *Maurisrael de Moura Rocha*
Supervisão editorial: *Ligia Maria Rolim Bandeira*
Revisão de texto: *Francisco de Assis David da Silva*
Ligia Maria Rolim Bandeira
Normalização bibliográfica: *Eliana Candeira Valois*
Orlane da Silva Maia
Jovita Maria Gomes Oliveira
Fotos da capa: *Francisco Rodrigues Freire Filho*
Luiz Carlos Fernandes de Souza

1ª edição

1ª impressão (2005): 2.000 exemplares

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
Embrapa Informação Tecnológica

Feijão-caupi: avanços tecnológicos / editores técnicos, Francisco Rodrigues Freire Filho, José Albérico de Araújo Lima, Valdenir Queiroz Ribeiro. – Brasília, DF : Embrapa Informação Tecnológica, 2005.

519 p. : il.

ISBN 85-7383-283-5.

1. Agricultura. 2. Feijão. 3. Variedade. I. Embrapa Meio-Norte. II. Freire Filho, Francisco Rodrigues. II. Lima, José Albérico de Araújo. III. Ribeiro, Valdenir Queiroz. V. Título.

CDD 635.65

© Embrapa 2005

Dedicatória

Os editores dedicam este livro aos cientistas brasileiros que contribuíram para o desenvolvimento tecnológico do feijão-caupi.

Francisco Rodrigues Freire Filho dedica particularmente a Célia, Simei e Samuel.

Valdenir Queiroz Ribeiro, aos pais (in memoriam), irmãos, esposa, filhos, neto, genro e nora.

O autor Paulo Henrique Soares da Silva, à memória da sua filha Laiana.

Agradecimento

A Deus e a todos que colaboraram para a realização deste trabalho.

Os editores agradecem a valiosa contribuição do Dr. Paulo Henrique Soares da Silva em todas as fases da elaboração deste livro.

Os autores do Capítulo 1, Melhoramento Genético, agradecem a Ivo de Souza Pinto e Manuel Gonçalves da Silva, pela colaboração ao programa de melhoramento do feijão-caupi.

Os autores do Capítulo 8, Fixação Biológica de Nitrogênio, agradecem à Dra. Rosângela Straliozzo, da Embrapa Agrobiologia, e ao doutorando Jean Luís Simões Araújo, da UFRJ, pela revisão crítica e pelas sugestões apresentadas.

Apresentação

O feijão-caupi (feijão-macaça, feijão-macáçar ou feijão-de-corda), *Vigna unguiculata* (L.) Walp., é uma das fontes alimentares mais importantes e estratégicas para as regiões tropicais e subtropicais do mundo.

No Brasil, principalmente nas Regiões Norte e Nordeste, o feijão-caupi constitui uma das principais alternativas sociais e econômicas de suprimento alimentar e geração de emprego, especialmente para as populações rurais. Atualmente, sua importância vem crescendo também em outras regiões do país.

As sementes são fontes de proteínas, aminoácidos essenciais, tiamina, niacina, além de fibras dietéticas; portanto, é uma opção para compor os programas de políticas públicas focados na melhoria da qualidade de vida, especialmente em áreas carentes, nos meios rural e urbano.

Os avanços científicos e tecnológicos têm sido expressivos, graças à concentração de esforços de instituições brasileiras que buscam tanto a melhora genética como a dos sistemas de produção do feijão-caupi. Novos tipos comerciais têm sido lançados no mercado, visando ampliar a forma de uso do produto e atender às preferências do consumidor.

Esta obra é fruto do trabalho de muitos cientistas, em várias regiões do país, os quais têm dedicado atenção especial às pesquisas com feijão-caupi em diversas áreas do conhecimento. Os trabalhos são realizados em forma de rede nacional, liderada pela Embrapa Meio-Norte, que tem apresentado soluções e alternativas para os principais problemas do produto.

Valdemício Ferreira de Sousa
Chefe-Geral da Embrapa Meio-Norte

Prefácio

O feijão-caupi (feijão-macaça, feijão-macáçar ou feijão-de-corda), *Vigna unguiculata* (L.) Walp., cultivado no Brasil desde o início da colonização, ainda não é bem conhecido no País, a despeito de sua importância social e econômica e seu potencial estratégico. Foi esse desconhecimento que nos motivou a apresentar, neste prefácio, um pouco de sua história e importância, principalmente para as Regiões Norte e Nordeste.

Originário da África, foi introduzido no Brasil no século 16, pelos colonizadores portugueses. A entrada se deu pelo Estado da Bahia, de onde se expandiu para todo o País. Atualmente, seu cultivo se concentra nas Regiões Norte e Nordeste, onde constitui um dos mais importantes componentes da dieta alimentar, especialmente da população rural.

A área colhida, a produção e a produtividade do feijão-caupi oscilam muito de ano para ano, em virtude, principalmente, das variações climáticas. Entre 1993 e 2001, a média anual da área colhida foi de 1.355.184 ha, a produção foi de 429.375 t e a produtividade, de 317 kg/ha. Com base nesses dados e considerando que 1 ha gera um emprego por ano, que o consumo per capita é de 18,6 kg e que o valor histórico da saca de feijão é de US\$ 33,84, estima-se que, naquele período, o feijão-caupi, tenha gerado, em média, por ano, 1,36 milhão de empregos, produzindo suprimento alimentar para 23,06 milhões de pessoas, tendo sua produção valorizada em US\$ 242,6 milhões.

Até há bem pouco tempo, o feijão-caupi era uma cultura explorada em padrões tradicionais e com mercado restrito. Nos últimos anos, felizmente, vem adquirindo maior expressão econômica. Seu cultivo é feito tanto por pequenos como por médios e grandes produtores, que utilizam alta tecnologia, e seu mercado vem se expandindo para além das fronteiras das Regiões Norte e Nordeste. Vale mencionar que algumas classes de grãos já estão sendo comercializadas em bolsas de mercadorias da Região Sudeste, como é o caso do feijão-fradinho. Essas mudanças vêm gerando demandas em várias áreas de conhecimento da cultura. E as pesquisas que estão sendo feitas são direcionadas ao atendimento da maioria dessas demandas.

Importantes avanços científicos e técnicos sobre o feijão-caupi são apresentados em vários capítulos deste livro. Um deles merece distinção especial, pois nele se explica que, usando-se cultivares de porte moderno, é possível mecanizar toda a lavoura. Para o futuro, espera-se que o feijão-caupi alcance a agroindústria de alimentos, na forma de grãos seco e verde, e também para a produção de farinha, sopa pré-cozida e enlatados.

Este livro coloca à disposição as mais relevantes informações em distintas áreas do conhecimento, visando contribuir para a formação de estudantes, dos profissionais da área de assistência técnica e dos demais interessados na cultura. Busca-se também fornecer conhecimentos e tecnologias que possam tornar mais eficientes os sistemas de produção de feijão-caupi, desde os tradicionais, adotados na agricultura familiar, até aqueles utilizados em grandes empresas produtoras de grãos.

Francisco Rodrigues Freire Filho
Valdenir Queiroz Ribeiro
Embrapa Meio-Norte

Sumário

Capítulo I

Melhoramento Genético

Introdução	29
Introdução no Brasil	29
Nomes vulgares	30
Origem e classificação botânica	31
Conjunto gênico	31
Características da planta	33
Ciclo	33
Arquitetura	34
Tipos de grãos	35
Grupos de acordo com a espécie	36
Tipos de acordo com a qualidade do produto	37
Morfologia floral	40
Taxa de cruzamento natural	41
Métodos de hibridação	42
Emasculação	43
Polinização controlada	43
Eficiência da polinização controlada	44
Identificação dos botões florais polinizados e colheita das vagens ..	45
Simbologia e registro de cruzamentos, gerações e linhagens	45
Cruzamentos	45
Gerações	47
Linhagens	49
Objetivos do melhoramento	50
Estratégia e metodologia do melhoramento	50
Resultados alcançados	54
Resistência a vírus	55
Resistência a doenças causadas por fungos, bactérias e nematóides	59
Resistência a insetos	62
Produtividade de grãos	63
Grãos secos	63
Grãos verdes	68

Ganho genético em produtividade	71
Cultivares recomendadas para produção de grãos secos	71
Referências	75

Capítulo II

Biotecnologia

Introdução	95
Principais técnicas em biotecnologia	99
Cultura de tecidos	99
Cultura de células isoladas	103
Clonagem in vitro ou micropropagação	104
Cultura de embriões e óvulos	105
Cultura de anteras	106
Hibridação de células somáticas ou fusão de protoplastos.	108
Marcadores moleculares	111
Marcadores isoenzimáticos	114
Marcadores RFLP (Restriction Fragment Length Polymorphism) – Polimorfismo de comprimento de fragmentos de restrição	115
Marcadores de minissatélites	117
Marcadores RAPD (Randomly Amplified Polymorphic DNA) – DNA polimórfico amplificado ao acaso	117
Marcadores de microssatélites ou SSR (Simple Sequence Repeats)	119
Marcadores AFLP (Amplified Fragment Length Polymorphism) – Polimorfismo de comprimento de fragmentos amplificados	120
Marcadores baseados em PCR de seqüência específica	121
Engenharia genética	122
A biotecnologia e o melhoramento do feijão-caupi	126
Técnicas em cultura de tecidos	126
Técnicas em marcadores moleculares	127
Mapas de ligação	133
Engenharia genética	134
Considerações finais	136
Referências	138

Capítulo III

Recursos Genéticos: Coleção Ativa e de Base

Introdução	159
Organização mundial dos recursos genéticos	159
Recursos genéticos de feijão-caupi	162
Sistema nacional de recursos genéticos	168
Coleção ativa	174

Banco ativo de germoplasma	175
Conservação	175
Multiplicação e regeneração	176
Caracterização e avaliação	176
Acervo da coleção ativa	180
Legislação	182
Coleção de base	183
Acervo da coleção de base	185
Referências	188

Capítulo IV

Aspectos Fisiológicos

Introdução	193
Germinação e emergência da plântula	194
Acumulação e distribuição de matéria seca	194
Florescimento e frutificação	195
Influência de fatores ambientais	197
Temperatura e fotoperíodo	197
Água	200
Referências	206

Capítulo V

Ecofisiologia e Manejo de Plantio

Introdução	213
Radiação solar	215
Luminosidade	216
Temperatura	217
Água	219
Balanço hídrico	219
Época de plantio	220
Métodos de plantio	221
Plantio manual	222
Plantio por tração animal	222
Plantio motomecanizado	222
Densidade de plantio	222
Espaçamento entre fileiras	225
Referências	225

Capítulo VI

Fertilidade do Solo e Adubação

Introdução	231
Solos	231

Fertilidade do solo	231
Amostragem do solo	232
Níveis de fertilidade do solo	233
Acidez do solo	234
Correção da acidez do solo	234
Recomendação de adubação de manutenção	236
Adubação orgânica	239
Sugestões de adubação química	240
Observações técnicas adicionais	240
Referências	241

Capítulo VII

Irrigação

Introdução	245
Produção e seus componentes	246
Características morfofisiológicas	250
Matéria seca	252
Número de folhas	254
Índice de área foliar	255
Taxa de crescimento da cultura	257
Taxa assimilatória líquida	259
Função de produção e estratégias ótimas de irrigação	260
Função de produção água-cultura	260
Estratégias ótimas de irrigação	264
Considerações finais	272
Referências	272

Capítulo VIII

Fixação Biológica de Nitrogênio

Introdução	281
Quantificação da FBN	282
Diversidade do rizóbio que nodula reijão-caupi	283
Faixa de hospedeiro de rizóbio tropical	287
População de rizóbios nos solos tropicais	289
Dinâmica da população de rizóbio no solo	291
Especificidade simbiótica, uma questão de comunicação molecular	293
Fatores edafoclimáticos que influenciam a associação feijão-caupi/rizóbio	296
Temperatura	297
Umidade	298
Salinidade	299
pH do solo	299
Antibióticos	301

Fósforo	303
Nitrogênio	304
Outros nutrientes	305
Fatores Intrínsecos da associação feijão-caupi/rizóbio	306
Fatores relacionados à eficiência da FBN	306
Presença da hidrogenase associada à nitrogenase	306
Produção de bacteriocinas	308
Presença de rizobiotoxina	309
Translocação do nitrogênio fixado via compostos do tipo ureído	309
Características da simbiose não relacionadas diretamente à FBN	311
Influência na produção de hormônios	311
Produção de sideróforos	312
Presença de inibidores enzimáticos	313
Importância do macrossimbionte: seleção de genótipos	313
Estratégia para seleção do inoculante	316
Sobrevivência, competitividade e estabelecimento do rizóbio no solo	316
Maximização da FBN – Perspectivas	319
Referências	320

Capítulo IX

Composição Bioquímica da Semente

Introdução	339
Substâncias de reserva armazenadas nas sementes	340
Carboidratos	340
Proteínas	342
Lipídios	347
Valor nutricional	348
Fatores antinutricionais	352
Lectinas	352
Inibidores de proteases	356
Conclusões e perspectivas	358
Referências	359

Capítulo X

Pragas

Introdução	369
Pragas subterrâneas	369
Paquinha	370
Broca-do-colo ou lagarta-elasma	371
Lagarta-rosca	373

Pragas da parte aérea	374
Pragas desfolhadoras	374
Pragas sugadoras das folhas	382
Pragas dos órgãos reprodutivos	390
Tripes	390
Percevejos	391
Lagartas	393
Manhoso	394
Pragas dos grãos armazenados	396
Traça	396
Caruncho-do-feijão-caupi	397
Expurgo	398
Referências	400

Capítulo XI

Diagnose e Estratégias de Controle de Doenças Ocasionadas por Vírus

Introdução	405
Características gerais dos vírus	405
Taxonomia e nomenclatura de vírus de plantas	409
Métodos de identificação de vírus de plantas	412
Gama parcial de hospedeiros	414
Microscopia eletrônica	414
Microscopia óptica	416
Sorologia	417
Difusão dupla em ágar	417
Testes de absorção intragel	418
Difusão simples em ágar	419
Técnica sorológica de microscopia eletrônica	420
Teste de ELISA	421
Técnicas moleculares	422
Reação em cadeia de polimerase	423
<i>Southern blotting</i>	424
<i>Northern blotting</i>	425
<i>Dot blot</i>	425
Víroses do feijão-caupi no Brasil	425
Mosaico-severo	426
Etiologia	426
Transmissão	429
Sintomatologia e gama de hospedeiros	430
Mosaicos de <i>Potyvirus</i>	431
Características gerais dos <i>Potyvirus</i>	431
Transmissão dos <i>Potyvirus</i>	432

Sintomatologia e gama de hospedeiros de <i>Potyvirus</i> isolados de feijão-caupi no Brasil	434
Mosaico-leve	438
Características gerais do gênero <i>Cucumovirus</i>	438
Transmissão do <i>Cucumovirus</i>	439
Geminiviroses	440
Infecção mista	441
Estratégias de controle	444
Resistência natural	444
Sementes certificadas	447
Controle de vetores	448
Erradicação de fontes de vírus	450
Referências	451

Capítulo XII

Doenças Fúngicas e Bacterianas

Introdução	463
Podridões de raiz, colo e caule	464
Morte-das-plântulas (<i>damping-off</i>)	464
Podridão-das-raízes	465
Podridão-do-colo	466
Podridão-cinzenta-do-caule	467
Murcha-de-fusário	468
Podridão e murcha-de-esclerócio	469
Doenças foliares	471
Carvão	471
Mancha-café	472
Cercosporiose (mancha-vermelha)	473
Mela	474
Mancha-zonada	475
Ferrugem	476
Mancha-de-alternária	477
Mancha-bacteriana	477
Pústula-bacteriana	478
Oídio	479
Doenças das flores, vagens e sementes	480
Sarna	480
Mofo-cinzento-das-vagens	482
Referências	482

Capítulo XIII

Nematóides

Introdução	487
------------------	-----

Nematóides-das-galhas	487
Sintomas	487
Biologia e ciclo de vida	489
Nematóides-das-lesões-radiculares	490
Sintomas	490
Biologia e ciclo de vida	490
Nematóide-reniforme	491
Sintomas	491
Biologia e ciclo de vida	492
Outros nematóides	492
Controle dos nematóides	493
Cultivares resistentes	493
Matéria orgânica	494
Rotação de cultura	494
Plantas antagonistas	495
Revolvimento do solo	495
Inundação do solo	495
Controle químico	495
Referências	496

Capítulo XIV

Tecnologia de Produção de Sementes

Introdução	501
Recomendações técnicas para a produção de sementes	501
Escolha da região	501
Escolha da área	502
Plantas invasoras	502
Solo	503
Água	503
Sanidade	503
Isolamento	504
Escolha da cultivar	504
Escolha da semente	505
Preparo da área	505
Semeadura	505
<i>Roguing</i>	506
Colheita	507
Secagem da semente	508
Debulha	509
Beneficiamento	509
Embalagem	514
Armazenamento	514
Fatores que afetam a qualidade da semente no armazenamento .	515
Referências	517

Melhoramento Genético

*Francisco Rodrigues Freire Filho
Valdenir Queiroz Ribeiro
Paulo Diógenes Barreto
Antônio Apoliano dos Santos*

Introdução

O feijão-caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) possui uma grande variabilidade genética que o torna versátil, sendo usado para várias finalidades e em diversos sistemas de produção. É possuidor também de uma grande plasticidade, adaptando-se bem a diferentes condições ambientais, e tem uma grande capacidade de fixar nitrogênio atmosférico, por meio da simbiose com bactérias do gênero *Rhizobium*. Além disso, contém os dez aminoácidos essenciais ao ser humano e tem um excelente valor calórico. Em virtude dessas características, é uma espécie de grande valor atual e estratégico.

Comparada a outras culturas, o feijão-caupi tem seu potencial genético pouco explorado. Entretanto, já foram obtidas, em condições experimentais, produtividades de grãos secos acima de 3 t/ha (Bezerra, 1997), tendo-se a expectativa de que seu potencial genético ultrapasse 6 t/ha.

Há de se reconhecer, entretanto, que, para se chegar a esse nível de produtividade, é necessário que haja mais investimento em pesquisas na cultura.

Introdução no Brasil

Em 1568, já havia indicação da presença de muitos tipos de feijão no Brasil (Gandavo, 2001), fato que se confirmou em 1587, quando foi relatado que uma grande variedade de feijões e favas era cultivada no Estado da Bahia, sendo os grãos e as vagens usados na alimentação humana do mesmo modo como o eram em Portugal e na Espanha (Sousa, 1974). Embora nenhuma citação indicasse as cultivares de feijão utilizadas, é bastante provável que o feijão-caupi estivesse entre elas. Nessa época, o comércio entre o Brasil e o Oeste da África, de Guiné a Angola, era intenso, tornando-se ainda mais importante a partir de 1549, com a fundação da Bahia como capital administrativa (Parker, 1995).

Corrêa (1952) menciona que o feijão-caupi foi introduzido no Brasil pelos primeiros colonizadores, devendo referir-se aos portugueses. Krutman et al. (1968) relatam que o feijão-caupi foi introduzido no País pelos colonizadores portugueses. Freire Filho (1988) apresenta várias evidências de que o feijão-caupi foi introduzido na América Latina, no