

Capítulo 10

MELHORAMENTO DO CAUPI PARA RESISTÊNCIA AO CARUNCHO E AO MANHOSO

João Pratagil Pereira de Araújo
EMBRAPA/CNPAF, Goiânia, Brasil
Francisco Rodrigues Freire Filho
EMBRAPA/UEPAE de Teresina, Teresina, Piauí, Brasil
José Higino Ribeiro dos Santos
Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da
Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil

INTRODUÇÃO

MELHORAMENTO DO CAUPI PARA RESISTÊNCIA AO CARUNCHO

Fatores que influenciam a manifestação de resistência

Tipos e causas da resistência

Tipos de resistência

Evidências de resistência

Causas da resistência

Parâmetros utilizados no estudo da resistência

Herança da resistência

Recomendações para o melhoramento da resistência

MELHORAMENTO DO CAUPI PARA RESISTÊNCIA AO MANHOSO

Tipos e causas da resistência

Herança da resistência

Recomendações para o melhoramento da resistência

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

MELHORAMENTO DO CAUPI PARA RESISTÊNCIA AO CARUNCHO E AO MANHOSO

João Pratagil Pereira de Araújo
EMBRAPA/CNPAF, Goiânia, Goiás, Brasil
Francisco Rodrigues Freire Filho
EMBRAPA/UEPAE de Teresina, Teresina, Piauí, Brasil
José Higinio Ribeiro dos Santos
Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da
Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil

INTRODUÇÃO

O caupi constitui alimento básico das populações de baixa renda nas regiões Norte e Nordeste do Brasil. Seu consumo dá-se na forma de grãos verdes e secos. Na primeira forma, a comercialização ocorre sob a forma de vagens verdes, que embora praticada em muito menor escala que a segunda, tem no ataque do manhoso, o *Chalcodermus bimaculatus*, um importante fator de depreciação, por prejudicar-lhe o aspecto. Na segunda forma, a qualidade dos grãos é fundamental para a comercialização, como foi mostrado por Bastos (1973). Neste caso, tanto o manhoso, quanto o caruncho, o *Callosobruchus maculatus*, são responsáveis por importantes perdas (Bastos 1973, Costa et al. 1982, Singh & Allen 1980, Vieira et al. 1975).

Como um dos principais objetivos de todo programa de melhoramento do caupi é desenvolver cultivares resistentes às pragas e, como o manhoso e o caruncho assumem status em destaque, este capítulo os contempla promovendo uma discussão das principais informações disponíveis na literatura, de modo a servir de subsídio aos que se dedicarem a esta área. Outrossim, no caso do manhoso, far-se-á o seu enfoque, apelando-se amiúde para informações concernentes ao *C. aeneus*, em razão da proximidade taxionômica e da semelhança etológica entre as duas espécies.

MELHORAMENTO DO CAUPI PARA RESISTÊNCIA AO CARUNCHO

Fatores que influenciam a manifestação de resistência

As revisões de Santos (1976), Santos & Quinderé (1988), mostram que são inúmeros os fatores que alteram o ciclo biológico do *C. maculatus*, destacando-se entre eles a temperatura e a umidade relativa, sendo a temperatura o fator mais importante, existindo, para cada fase de desenvolvimento do inseto, uma temperatura ótima. Tais variações podem ter um reflexo imprevisível na manifestação da resistência do caupi ao caruncho, podendo levar a conclusões divergentes quando as avaliações forem feitas em condições diferentes, dificultando, inclusive, a comparação de resultados de pesquisas desenvolvidas em diferentes condições ambientais.

Outro fator importante para a manifestação da resistência do caupi ao *C. maculatus* é a variabilidade genética existente na espécie, a qual lhe confere plasticidade fenotípica em relação aos seus hospedeiros e ambientes, resultando na formação de biotipos ou raças geográficas adaptados a novas situações, tal como foi constatado por Redden et al. (1983), Dick & Credland (1986a), Dick & Credland (1986b).

Redden et al. (1983), estudando as raças IITA (obtidas no International Institute of Tropical Agriculture, na Nigéria) e Campinas (obtida em Campinas, São Paulo, Brasil), sobre as cultivares TVu 2027 (resistente) e Black-eyed peas (susceptível), em diferentes condições ambientais controladas, constataram que na cultivar resistente a percentagem média de sobrevivência da raça IITA do caruncho (41%), foi muito maior que a da raça Campinas (11%). Outrossim, o período médio de ovo a adulto foi de 35,4 dias para a raça do IITA e de 33,0 dias para a de Campinas. Na cultivar susceptível, o índice de sobrevivência foi superior a 79% e 95%, respectivamente, para as raças do IITA e de Campinas, enquanto os períodos de ovo a adulto foram muito curtos.

Em razão dos resultados apontados no parágrafo anterior, verifica-se que a raça IITA demonstra certo grau de adaptação à cultivar resistente, co-tendo-se-a com a raça de Campinas.

Dick & Credland (1986b) compararam o desempenho dessas duas raças e mais uma da República Árabe do Yemen sobre a cultivar TVu 2027, nas mesmas condições ambientais controladas; concluíram que as três raças diferem entre si quanto à habilidade de sobreviverem nas sementes da TVu 2027. A mudança de resposta do caruncho à cultivar resistente TVu 2027 foi demonstrado por Dick & Credland (1986a) através do melhoramento de três gerações das raças de caruncho do Yemen e da Nigéria sobre as sementes de TVu 2027. Demonstraram que o desempenho dos carunchos aumenta rapi-

damente, em termos de sobrevivência e taxa de desenvolvimento, levando a uma rápida evolução da população de carunchos capazes de sobreviver em cultivares resistentes.

Tipos e causas da resistência

Tipos de resistência

Foi sobretudo a partir da segunda metade da década de setenta, que a resistência do caupi ao *C. maculatus* foi mais consistentemente tipificada e envolveu a não-preferência para postura e a antibiose - esta última caracterizada pela redução do número de adultos emergidos em posturas efetuadas em sementes e vagens e, pelo alongamento do período de ovo a adulto (Tabela 1).

Evidências de resistência

O terceiro dia da vida dos casais é ideal para testar a antibiose de cultivares do caupi ao *C. maculatus* (Santos (1971), em razão de as posturas desse dia

TABELA 1. Tipos de resistência ao ataque do *C. maculatus* detectada em sementes e vagens de caupi.

Tipos de resistência	Órgão da planta	Cultivares/Linhagens	Referência
1. Não preferência para postura	Semente	40 dias, Milagroso, Cowpea-Chumbo, ⁺ Das-Almas, Isabel I, Feijão-Leite, Branquinho ⁺ , Cowpea-531, Roxo-Chumbo	Santos (1976)
2. Antibiose (em parte)	Semente	Cowpea-Chumbo ⁺ , Branquinho ⁺ , Novato, Cowpea-535, 1205-128	Santos (1976)
-Redução do número de adultos emergidos	Semente	Novato	Santos (1976)
-Aumento do período de vida de ovo a adulto	Semente	Novato	Santos (1976)
3. Antibiose	Semente	TVu 2027 ⁺ , IT8ID-1157, IT8ID-1032, IT8ID-994, IT8ID-1007, IT8ID-985, TVu 11952 (KNW), TVu 11953 (KNS)	Singh et al. (1983) Redden et al. 1983
-Redução do número de adultos	Semente	TVu 2027	Redden et al. 1983
-Aumento do período de vida de ovo a adulto	Semente	TVu 2027	Redden et al. 1983
4. Antibiose	Vagem	Cowpea 710, Cowpea-Chumbo ⁺ , Roxão-2 Africano-1	Santos (1976)
-Alta % de mortalidade larval em posturas realizadas sobre as vagens	Vagem	Cowpea 710, Rim-de-Bode, Africano-1	Santos (1976)
-Alta % de mortalidade larval em larvas que penetraram nas vagens	Vagem	Cowpea 710, Rim-de-Bode, Africano-1	Santos (1976)
5. Antibiose	Vagem	VITA 4, TVx 3336-04E, TVx 3356-04F, TVx 3385-0270, 7R-0189-D	International Institute of Tropical Agriculture (1981b)
-Alta % de mortalidade larval em larvas que penetraram nas vagens	Vagem	VITA 4, TVx 3336-04E, TVx 3356-04F, TVx 3385-0270, 7R-0189-D	International Institute of Tropical Agriculture (1981b)

(1) A classificação do tipo de resistência nos itens 3, 4 e 5 são de responsabilidade dos autores do capítulo, uma vez que respectivos autores não fizeram referência à classe de resistência reportada.

⁺ Cultivar destacou-se para mais de um tipo de resistência.

apresentarem as maiores percentagens de ovos que originam adultos. O mesmo autor, em 1976, constatou a existência de variabilidade genética entre 54 cultivares de caupi, para não-preferência para postura, quantidade de ovos férteis que originaram adultos, e período de ovo a adulto. Concluiu que a resistência do caupi ao caruncho é, em parte, devida à antibiose, sendo os três mecanismos de resistência observados, controlados por fatores genéticos independentes. Dos materiais avaliados, somente três destacaram-se ao mesmo tempo para duas das características avaliadas (Tabela 2).

No tocante ao efeito da cor do tegumento das sementes do caupi sobre a preferência do caruncho, Bastos (1969) e Santos (1976) constataram não haver influência deste atributo da semente sobre a preferência para postura. Entretanto, Nwange et al. (1975), citados por Lara (1979), usando a técnica da microfotografia eletrônica, com microscópio de varredura, puderam verificar que as cultivares com tegumento liso são preferíveis para oviposição pelo *C. maculatus* que às de tegumento rugoso. Ademais, Nwange & Horber (1976), citados por Lara (1979), verificaram que este resultado é mantido tanto em testes com livre chance da escolha quanto nos sem chance.

Em avaliação do germoplasma mundial de caupi tendo em vista a sua resistência ao *C. maculatus* durante o armazenamento, dentre as aproximadamente sete mil cultivares observadas foi constatado, no IITA, que somente as sementes da cultivar TVu 2027 mostraram resistência à infestação do caruncho. O principal efeito desta cultivar é a redução da população (International Institute of Tropical Agriculture 1976). Nas avaliações levadas a efeito na raça IITA, o nível de sobrevivência do caruncho na TVu 2027 foi inferior a 20%, em sementes armazenadas a uma temperatura de 25 a 30°C, enquanto nas demais cultivares esta taxa de sobrevivência foi sempre superior a 50%, e sendo para a maioria superior a 70%.

A cultivar TVu 2027, além do excelente nível de resistência, possui sementes de bom tamanho e é resistente ao “cowpea aphidborne mosaic virus”. Contudo, possui baixo potencial de produção, alta susceptibilidade à grande maioria das doenças do trópico úmido, especialmente ao vírus do mosaico-amarelo-do-caupi, e sensibilidade ao fotoperíodo (International Institute of Tropical Agriculture 1981b). Afortunadamente, o potencial de utilização da TVu 2027, como fonte de resistência genética ao caruncho, para melhorar o desempenho dos materiais locais, vem sendo demonstrado (Singh et al. 1983).

Em 1982, duas novas fontes de resistência ao *C. maculatus* foram identificadas (Singh et al. 1983). Estas fontes foram selecionadas da cultivar Kanan Nado, oriunda da área Gombe do Estado de Bauchi na Nigéria. Estas duas cultivares são a TVu 11952 e a TVu 11953, respectivamente com sementes brancas e mosqueadas. Os níveis de resistência destas cultivares são semelhantes ao da cultivar TVu 2027.

TABELA 2. Cultivares selecionadas, para os respectivos parâmetros entre as 54 cultivares avaliadas para resistência ao *C. maculatus* (Dados adaptados de Santos (1976))

Cultivares	Parâmetro observado		
	Não-preferência para postura ¹	Número de ovos férteis que originam adultos ²	Ciclo de ovo a adulto (dias) ²
Quarenta-Dias	31,50	(24,00)	(25,92)#
Milagroso	31,75	(21,75)	(25,25)
Cowpea-Chumbo	33,00	20,50#	(25,95)#
Das Almas	32,75	(21,50)#	(26,25)
Isabel-1	27,75	(22,25)	(25,77)
Feijão-Leite	21,50#	(24,25)	(25,07)
Branquinho	33,25	20,00	(25,02)
Cowpea 531	16,25#	(22,25)	(24,77)#
Roxo-Chumbo	28,50#	(22,50)	(24,35)#
Novato	(59,25)#	18,75#	26,77
Cowpea 535	(48,75)#	21,25#	(25,05)
1205-138	(41,25)	18,50#	(25,52)
Potomac	(73,50)#	(24,00)	(26,17)#
Olho-de-ovelha	(41,50)	(25,00)	(26,55)
Pitiúba ³	(38,125)	(27,208)	(25,58)
Seridó	(49,75)#	23,250#	(26,22)#

(1) Número médio de ovos em 15 sementes

(2) Ensaios conduzidos à temperatura de $29,5 \pm 2,5^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $75 \pm 5\%$, com dados tomados em 25 sementes.

(3) Utilizada como testemunha dos seis ensaios, sendo portanto os dados, referentes a uma média de 24 observações (6 ensaios x 4 repetições).

() Os números dentro dos parênteses indicam que a cultivar respectiva não foi selecionada para o respectivo parâmetro.

Não difere significativamente da cultivar Pitiúba dentro do respectivo ensaio ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

A resistência das vagens de caupi ao ataque do *C. maculatus* foi avaliada; e dos estudos de infestação em vagens íntegras e secas, não foi constatada nenhuma diferença significativa ($P < 0,05\%$) entre dez cultivares testadas para quantidade de larvas que originaram adultos após haverem penetrado nas vagens. No entanto, foi detectada variabilidade entre as cultivares para resistência de penetração das larvas na vagem, bem como uma ele-

vada percentagem de mortalidade larval em posturas efetuadas sobre a vagem (Tabela 3), o que enseja a redução das infestações iniciais e a própria população do caruncho no campo (Santos 1976). Avaliações semelhantes foram desenvolvidas na raça IITA, as quais ensejaram a identificação de cinco linhagens superiores, para as quais a percentagem de larvas sobreviventes, a percentagem de dano nas sementes e o número de furos de emergência por vagem foram significativamente inferiores aos observados nas cultivares susceptíveis. Estas reduções, constatadas nas linhagens superiores, foram atribuídas às características das paredes das vagens, as quais ainda não foram identificadas, não se descartando a possibilidade de tratar-se de um fator químico (International Institute of Tropical Agriculture 1981b).

Causas da resistência

Investigações bioquímicas realizadas na Universidade de Durhan por A. Baker em 1978 para determinar a causa da resistência nas sementes da cultivar TVu 2027 mostraram que esta era devida à presença de níveis relativamente elevados de inibidores de tripsina, presentes nas sementes desta cultivar em quantidades duas a três vezes superiores aos níveis encontrados nas sementes das cultivares susceptíveis (Gatehouse et al. 1979, citados por Redden et al. 1983). No entanto, os estudos genéticos realizados por Redden et al. (1983) demonstraram que os inibidores de tripsina estão apenas parcialmente associados com a expressão da resistência.

Estudos desenvolvidos por Carasco & Xavier-Filho (1981), objetivando determinar a expressão seqüencial dos inibidores de tripsina (IT) em vagens e sementes de caupi em desenvolvimento, revelaram que a atividade do IT nas vagens atinge seu valor máximo durante a primeira metade da primeira fase de desenvolvimento - Fase I (as sementes são pequenas e o seu incremento de peso é relativamente lento) -, decrescendo após a segunda metade desta fase até antes do fim da segunda fase de desenvolvimento - Fase II (caracterizada pelo crescimento exponencial -, onde nenhuma atividade do IT foi detectada (Figura 1). Nos cotilédones, a expressão seqüencial da atividade do IT foi o inverso, como pode ser visto na Figura 2.

Schalk & Rassouljian (1973) estudaram o ataque do *C. maculatus* às vagens do caupi, em condições de campo, e constataram que as posturas são efetuadas tanto em vagens em desenvolvimento quanto nas maduras. Outrossim, poucos ovos são depositados em flores e em vagens no início do desenvolvimento, com até oito centímetros, e das posturas aí realizadas não emergem adultos. Das posturas em vagens com mais de oito centímetros de comprimento, há emergência de adultos.

Comparando-se os resultados de Schalk & Rassouljian (1973) com os de Carasco & Xavier-Filho (1981), vê-se que há coincidência das fases de

TABELA 3. Oviposição, desenvolvimento e sobrevivência do *C. maculatus* em dez cultivares de caupi. Dados para nove caais do *C. maculatus*, confinados durante o segundo e terceiro dia de vida adulta, em cada grupo de nove vagens por cultivar (Dados adaptados de Santos 1976).

Cultivares	Número de ovos férteis na vagem	Número de larvas que:		Número de larvas que penetraram nas vagens		Porcentagem de adultos emergidos em relação ao:		
		Não penetram na vagem	Penetraram na vagem	Deram adultos	Não deram adultos	nº de ovos na vagem	nº de ovos na semente ¹	nº de larvas que penetraram nas vagens
Pitiúba	53	27	26	6	20	11,32	94	23,08
CE-42-49	68	16	52	10	42	14,71	87	19,23
Milagroso	97	14	83	13	70	13,40	90	15,66
Rim-de-Bode	88	19	69	8	61	9,09	87	11,59
Cowpea-Chumbo	98	47	51	8	43	8,16	82	15,69
Cowpea-710	76	25	51	5	46	6,58	93	9,80
Roxão-2	49	28	21	4	17	8,16	89	19,05
Isabel-1	33	17	16	3	13	9,09	89	18,75
Feijão-Leite	106	63	43	13	30	12,26	97	30,23
Africano	57	21	36	5	31	8,77	95	13,89
Teste (X) ²		29,95	48,45	8,42	1,69			
Total		78,40*		10,11 N.S.				

* Significativo ao nível de 5% de probabilidade.

(1) Observações em 4 repetições, contendo parcelas de 25 ovos férteis do *C. maculatus* em 25 sementes/cultivar, à temperatura de $29,5 \pm 2,5^{\circ}\text{C}$ e umidade relativa de $75 \pm 5\%$.

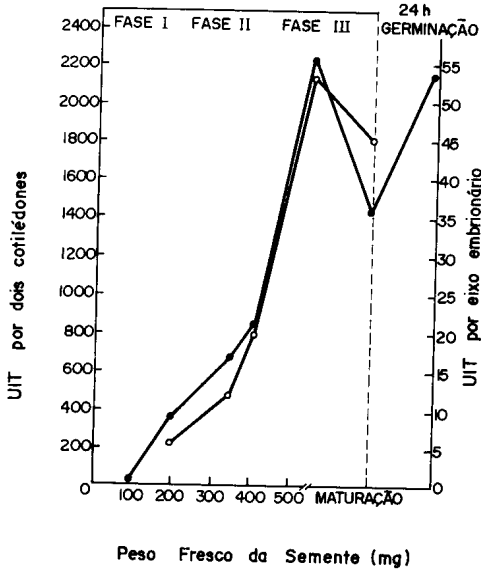


Figura 2. Atividade do inibidor de tripsina nos cotilédones e eixo embrionário durante o desenvolvimento do fruto e cotilédones, 24 horas após a germinação. UIT = Unidade de Inibidor de Tripsina. ●, cotilédones ○, eixo embrionário.

Fonte: Carasco & Xavier-Filho (1981).

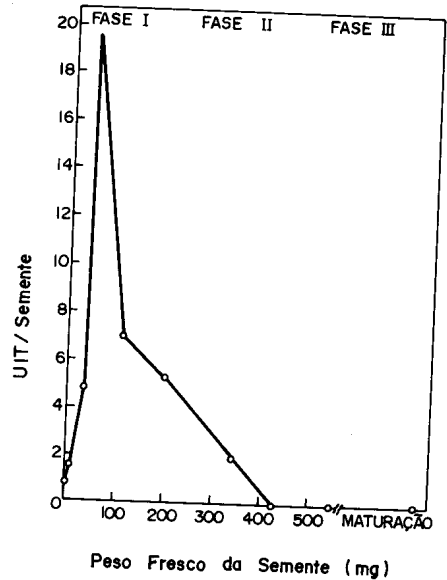


Figura 1. Atividade do inibidor de tripsina na vagem (pericarpo) durante o desenvolvimento do fruto. UIT = Unidade de Inibidor de Tripsina. A quantidade de inibidor de tripsina extraída da vagem em cada estágio foi dividida pelo número de sementes existente na vagem.

Fonte: Carasco & Xavier-Filho (1981).

maior preferência para oviposição e emergência de adultos com as fases de mais baixos níveis de atividade do IT. Esta coincidência pelo menos sugere um possível efeito deterrente desta substância sobre a postura do caruncho.

Parâmetros utilizados no estudo da resistência

Os parâmetros utilizados na avaliação da resistência do caupi ao *C. maculatus* têm variado de autor para autor, porém geralmente estão combinados os parâmetros avaliados no inseto com os avaliados nas sementes e, em poucos casos, nas vagens (Tabela 4).

Redden & McGuire (1983), visando aumentar a eficiência das avaliações para identificar cultivares ou linhagens de caupi resistentes ao *C. maculatus*, testaram vários parâmetros, os quais foram avaliados tanto nas sementes quanto nos insetos. Por meio de análises de correlação entre os parâmetros estudados, concluíram que: a) o dia médio de emergência dos

TABELA 4. Alguns parâmetros utilizados nos estudos de avaliação da resistência do caupi ao *C. maculatus*.

Parâmetros	Referências
1. Percentagem de ovos que originam adulto	Rowe & Currie (1964)* Schalk & Rassouliau (1973)
2. Período médio do ovo recém-posto a adulto emergido	Booker (1967)*, Santos (1976), International Institute of Tropical Agriculture (1976), Singh et al. (1983), Redden (1983), Redden & McGuire (1983)
3. Diferenças para postura (preferência ou não-preferência)	Booker (1967)*, Schalk & Rassouliau (1973), Santos (1976)
4. Número de ovos produzidos/fêmea	Schalk & Rassouliau (1973), Santos (1976)
5. Taxa natural de incremento	International Institute of Tropical Agriculture (1981a)
6. Resistência à penetração de larvas	Santos (1976), International Institute of Tropical Agriculture (1981b)
7. Percentagem de mortalidade larval das posturas sobre as vagens	Santos (1976), International Institute of Tropical Agriculture (1981b)
8. Número de larvas que penetra nas vagens	International Institute of Tropical Agriculture (1981b)
9. Percentagem de dano na semente	International Institute of Tropical Agriculture (1981b)
10. Número de furos por vagem	International Institute of Tropical Agriculture (1981b)
11. Percentagem do inibidor de tripsina	Redden et al. (1983)
12. Textura do tegumento da semente	Redden & McGuire (1983)
13. Emergência acumulativa de adultos como uma percentagem do número de ovos	Redden & McGuire (1983)
14. Emergência total de adultos, ignorando o número de ovos	Redden & McGuire (1983)
15. Percentagem de perda de peso da semente	Redden & McGuire (1983)
16. Percentagem de sementes infestadas sem danos ou com e sem furos de emergência	Redden & McGuire (1983)

* Citados por Santos (1976)

adultos e o período de ovo a adulto foram as variáveis mais sensíveis e consistentes para medir a resistência; b) a terceira variável mais sensível foi a percentagem de emergência do adulto em um período pré-fixado, em relação à data da oviposição; c) as outras variáveis em ordem decrescente de importância foram a percentagem de sementes sem danos, a quantidade média de furos por semente e a percentagem de perda de peso da semente. Concluíram, ainda, que, em geral, o peso da semente, o número de ovos por semente, a textura da semente e o número de sementes por amostra não influenciam a estimativa da resistência. Os mesmos autores ainda verificaram que a taxa de incremento natural da população do caruncho a despeito de importante para a avaliação da resistência, é muito difícil de ser estimada consistentemente.

Herança da resistência

Singh et al. (1982) estudaram a herança da resistência do caupi ao *C. maculatus*, por meio de cruzamentos entre as cultivares TVu 2027, TVu 11952 e TVu 11953 e outras susceptíveis. Este estudo, a par das análises das gerações F1, F2 e retrocruzamentos, mostrou que são necessários dois pares de genes recessivos em homozigose para que a resistência se manifeste. Outrosim, em estudo semelhante ao anterior, agora apenas empregando a cultivar TVu 2027, para cruzamentos com as cultivares susceptíveis, Redden et al. (1983), analisando as gerações F1 e seus retrocruzamentos recíprocos e as F2 e F3, concluíram que: a) a resistência pode ser herdada por ação de um único gene recessivo, com a presença de muitos genes modificadores, os quais têm diferentes efeitos nos diferentes cruzamentos; b) não há, aparentemente, fatores citoplasmáticos influenciando a herança da resistência; c) o efeito materno, pode ser detectado em certas combinações de retrocruzamento; d) os inibidores de tripsina estão parcialmente associados com a expressão da resistência, e parecem ter uma herança quantitativa variável entre os cruzamentos.

Evidência de um controle digênico e recessivo da herança da resistência do caupi ao caruncho foi constatada por Redden (1983), agora estudando a geração F4 de dois cruzamentos recíprocos da TVu 2027 com cultivar susceptível.

Recomendações para o melhoramento da resistência

Considerando-se que a resistência do caupi ao *C. maculatus* está associada, mesmo que parcialmente, com teores elevados de inibidores de tripsina e,

que este fator pode ser removido pela cocção, não acarretando problemas para a utilização dos grãos na alimentação, vê-se como é importante um esforço de pesquisa no sentido de: a) avaliar até que ponto a atividade dos inibidores de tripsina que ocorrem nas vagens e nas sementes estão associadas; b) estudar a herança dos inibidores de tripsina e sua associação com outras características dos grãos, tais como a cor, o peso de cem grãos e a indeiscência das vagens.

Estudos preliminares desenvolvidos por Araújo & Watt (1982), em 87 cultivares evidenciaram um intervalo de variação de 1,34 a 3,21 unidades do fator anti-tripsina nas sementes. Os mesmos autores verificaram a existência de correlação positiva e significativa entre o fator anti-tripsina e os teores de fósforo e cálcio, e ausência de correlação entre este fator e os teores de proteínas e carboidratos. Isto sugere a possibilidade de seleção para aumentar o nível do inibidor de tripsina, sem que ocorram alterações indesejáveis no teor daqueles componentes. Evidências do efeito da fertilidade do solo na variação do teor do inibidor da tripsina nas sementes também foram reportadas por Araújo & Watt (1982). Ademais, os resultados obtidos por Redden (1983) indicam que a resistência do caupi ao caruncho é melhor estimada na base de famílias de plantas do que na base de plantas individuais, sendo mais eficiente a utilização de seleção de famílias usando-se o procedimento genealógico do que a seleção massal.

MELHORAMENTO DO CAUPI PARA RESISTÊNCIA AO MANHOSO

O manhoso, *Chalcodermus bimaculatus*, da mesma família e gênero que o *C. aeneus*, tem hábitos muito semelhantes a esta segunda espécie que infesta os feijões na América do Norte. E, sendo o manhoso pouco estudado, e a segunda espécie já bastante conhecida nas suas relações para com o caupi, far-se-á, a seguir, uma revisão de ambas as espécies, como forma de orientação, tendo-se em vista o estudo da resistência do caupi ao manhoso.

Os adultos do manhoso alimentam-se de plântulas, de caule próximo a vagens, e principalmente de vagens imaturas, em qualquer estágio de desenvolvimento. Nas vagens fazem perfurações para alimentar-se e para ovipositar. É nesta ocasião que provocam os maiores danos à produção, pois as suas larvas desenvolvem-se consumindo as sementes.

Além do caupi, o manhoso pode alimentar-se em aboboreira, algodociro, amendoim, fava, feijão comum, melancia, melão e milho (Bastos 1981). Outrossim, segundo Chalfant & Canerday (1972), na fase adulta há uma tendência de as fêmeas do *C. aeneus* alimentarem-se mais que os machos, os quais tornam-se relativamente sedentários.

Tipos e causas da resistência

Segundo Rymal et al. (1981), a resistência ao *C. aeneus* tem sido atribuída a pelo menos três causas: não-preferência, fatores da vagem, e antibiose (Tabela 5). Assim, Cuthebert & Davis (1972) relatam que a não-preferência e a falha dos adultos em perfurar a vagem e atingir o grão podem ser os fatores responsáveis pelas diferenças entre as cultivares resistentes e susceptíveis ao manhoso. Os mesmos autores, trabalhando com extrato de cultivares, verificaram uma alta correlação ($r = 0,92$) entre os dados de campo e os obtidos em laboratório, evidenciando que há diferença no teor de estimulantes de alimentação entre as cultivares susceptíveis e resistentes. Constataram, também, uma alta correlação ($r = 0,93$) entre a quantidade de picadas nas vagens e as cicatrizes produzidas nas plântulas. Esta correlação reveste-se de importância, porque enseja a realização de avaliações e seleções sobre plântulas.

A espessura da vagem mostra-se também como uma causa de resistência, segundo os autores antes mencionados, posto que constataram correlação negativa ($r = -0,97$) entre esta variável em vagens imaturas e a quantidade de cicatrizes que atingiram os grãos.

Estudando o esforço mecânico para perfurar as vagens de cultivares resistentes e susceptíveis ao *C. aeneus*, Chambliss & Rymal (1980), constataram que as vagens da cultivar de caupi resistente exigiram um maior esforço nos sete diferentes estádios de desenvolvimento das vagens, consistentemente superior ao exibido pelas do material susceptível. Este fato oferece uma possibilidade de que também com o manhoso tenham o mesmo padrão de resposta. Outrossim, Chalfant et al. (1972) constataram uma correlação negativa e significativa ($r = -0,79$) entre as quantidades de cicatrizes superficiais provocadas pelo *C. aeneus* e as que atingiram os grãos. Nesse caso, a evidência sugere que as fêmeas fazem muitas cicatrizes até encontrarem o local adequado para oviposição, quando então efetuam uma roedura profunda e ovipositam. Do que se apresentou, pode-se inferir que as quantidades totais de cicatrizes observadas nas vagens do caupi, podem significar uma estimativa falaciosa da susceptibilidade de cultivares ou linhagens ao manhoso. Há que se averiguar o seu tipo.

Herança da resistência

Em trabalhos envolvendo as cultivares Ala.963.8 e California Blackeye, respectivamente resistente e susceptível ao *C. aeneus*, Fery & Cuthebert

TABELA 5. Cultivares de caupi portadoras de resistência ao manhoso.

Cultivar	Tipo de resistência	Referências
Ala.968.3	antibiose	Todd & Canerday (1968)
Florecream	antibiose	Cuthebert & Chambliss (1972)
Fla.68F-63	antibiose	
Fla.421-07	antibiose	
Fla.68F-75	antibiose	
Fla.68F-213	antibiose	
CR-221	não-preferência	Cuthebert & Davis (1972)
CR-22-2-21	não-preferência e antibiose	Cuthebert et al. (1974)
CR-22-2-12	não-preferência e antibiose	
CR-25-0-B2	não-preferência	Cuthebert & Fery (1975)
CR-3-4-B2	não-preferência	
CR-3-4-B5	não-preferência e antibiose	
CR-17-1-13	fator da vagem e antibiose	
CR-13-1-42	fator da vagem	
CR-17-1-25	fator da vagem	Singh et al. (1976)
CR-17-1-17	fator da vagem	
CR-17-1-32	fator da vagem e antibiose	
CR-29-4-28	fator da vagem	
CR-21-1-B3	antibiose	
CR-18-13-1	não-preferência	Cuthebert & Fery (1975)
Zipper cream	-	Singh et al. (1976)
Freezegreen	antibiose	Chambliss (1979)
CNCx 78-12D	fator da vagem	Neves (1982)
CNCx 44-011D	fator da vagem	

(1975) e Hossain (1983) obtiveram resultados muito semelhantes, quais sejam: a) predominância dos efeitos aditivos; b) não mais que dois pares de genes controlando a resistência; c) herdabilidade no sentido restrito da ordem de 45%. Ademais, Hossain (1983) constatou uma alta correlação entre a dureza da parede das vagens secas e o fator da resistência da vagem.

Os aspectos abordados no parágrafo anterior abrem uma grande perspectiva ao estudo da resistência do caupi ao manhoso. Isto é, há que se investigar as respostas dos materiais reconhecidamente resistentes ao *C. aeneus*, tal como os apresentados na Tabela 5, em relação ao manhoso. Confirmada a sua resistência também ao manhoso, segundo os padrões apontados no parágrafo mencionado, a correlação observada à dureza das vagens secas será um eficiente critério de seleção nas avaliações preliminares, facilitando consideravelmente os trabalhos de melhoramento. Ademais, a predominância dos efeitos aditivos, a alta herdabilidade no sentido restrito e o baixo número de genes envolvidos indicam que o caráter pode ser facilmente fixado, devendo a seleção nas gerações iniciais oferecer alto progresso.

A herança da não-preferência foi estudada por Fery & Cuthebert (1978), os quais chegaram às seguintes conclusões: a) a cultivar CR 18-13-1 parece ter genes dominantes para a resistência; b) a não-preferência do caupi pelo *C. aeneus* é fortemente influenciada pelo ambiente, o que sugere a necessidade de um controle ambiental bem feito, para o estudo deste tipo de resistência do caupi ao manhoso.

No tocante à Tabela 5, há que se evidenciar que os materiais do grupo CR-22 foram obtidos do cruzamento de 'Ala.562-1-2-6-1' com 'Ala.963.8'; os do grupo CR-17, a partir do cruzamento de 'Ala.963.7' com 'Flocream'; a 'CR-21-1-B3', do cruzamento de 'Fla.687' com 'Ala.963.8'; a 'CR-29-4-28', do cruzamento de 'Fla.68F-75' com 'Ala.963.8'; a 'CR-25-9-B2', do cruzamento de 'PI-152196' com 'Flocream'; e a 'CR-3-4-82', do cruzamento de 'Fla.68F-49' com 'Ala.562-9-2-6-1'. Assim, verifica-se que as fontes de resistência ao *C. aeneus* têm, em verdade, uma estreita base genética, uma vez que em sua maioria descendem de 'Ala.963.8' e 'Flocream'. Ademais, a cultivar Freezegreen é um mutante de 'Ala.963.8'. Em face do exposto, vê-se que nos estudos preliminares da resistência do caupi ao manhoso, tendo-se em vista o aproveitamento das fontes de resistência já conhecidas para o *C. aeneus*, o conveniente é centrar as atenções em 'Ala.693.8' e 'Flocream'.

Recomendações para o melhoramento da resistência

Para futuros programas de melhoramento, seria aconselhável que se fizesse uma maior exploração do germoplasma disponível, e que nos estudos da ge-

De modo geral, até o presente, os trabalhos sobre resistência ao manhoso têm sido principalmente para identificação de fontes e de tipos de resistência e para estudo de herança da resistência. Apenas nos trabalhos de Cuthebert et al. (1974) e Fery & Cuthebert (1978) foi empregada seleção em material segregante.

Partindo da hipótese de que os diversos mecanismos que conferem resistência ao manhoso são controlados por genes diferentes, o que é bastante razoável, admite-se a possibilidade de que eles possam vir a ser reunidos em um mesmo genótipo. Entretanto, Cuthebert et al. (1974) mencionam que a seleção para uma resistência ampla, envolvendo os vários fatores, não produz progressos significantes. Essa afirmação, porém, é baseada em resultados de cruzamentos biparentais simples (ex.: P1 x P2), os quais não envolveram nenhum ciclo de intercruzamento após a hibridação inicial.

Fery & Cuthebert (1978) relatam que seleção da planta individual em geração precoce não é eficiente para selecionar para não-preferência, e que o método da descendência de semente única "single seed descent" (SSD) pode permitir um melhor resultado.

Contudo, para combinar esses três tipos de resistência com níveis razoáveis de expressão, o método que se mostra mais adequado é o de seleção recorrente, o qual possibilita a concentração de genes favoráveis ao longo do processo de melhoramento (Figura 3). Esse método pode ser facilmente usado em caupi, o qual, apesar de ser uma planta autógama, é facilmente cruzado através de polinização manual.

Na identificação de fontes de resistência, seria importante avaliar também a resistência do tipo antibiose na fase jovem da planta, quando o manhoso se alimenta das partes vegetativas, pois poderia ser importante combinar a antibiose nessa fase com a não-preferência e o fator de vagem no estágio de frutificação. Desse modo, a população de insetos será reduzida pela antibiose, e, conseqüentemente, o nível de dano da fase de frutificação seria bem menor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARAÚJO, J.P.P. de & WATT, E.E. Composição química de sementes de cultivares de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) e correlações entre alguns de seus componentes. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 1., Goiânia, GO, 1982. **Resumos**. EMBRAPA-CNPAF, 1982. p.293-6, (EMBRAPA-CNPAF. DOCUMENTOS, 4).
- BASTOS, J.A.M. Avaliação dos prejuízos causados pelo gorgulho, *Callosobruchus maculatus* em amostras de feijão-de-corda, colhidos em Fortaleza, Ceará. **Pesq. agropec. bras., Ser. Agron.**, 8(7):131-2, 1973.
- BASTOS, J.A.M. Influência da cor do feijão-de-corda, *Vigna sinensis* Endl., no ataque do gorgulho, *Callosobruchus analis*. **Turrialba**, 19(2):296-7, 1969.

- BASTOS, J.A.M. **Principais pragas das culturas e seus controles**. São Paulo, Nobel, 1981. 264p.
- CARASCO, J.F. & XAVIER-FILHO, J. Sequential expression of trypsin inhibitors in developing fruit of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **Ann. Bot.**, **47**, 259-66, 1981.
- CHALFANT, R.B. & CANERDAY, T.D. Feeding and oviposition of the cowpea curculio and laboratory screening of southern pea varieties for insect resistance. **J. Georgia Entomol. Soc.**, **7**(4):272-7, 1972.
- CHALFANT, R.B.; SUBER, E.F.; CANERDAY, T.D. Resistance of southernpeas to the curculio in the field. **J. Econ. Entomol.**, **65**(6):1679-82, 1972.
- CHAMBLISS, O.L. 'Freezegreen' southernpea. **Hort Sci.**, **14**(2):193, 1979.
- CHAMBLISS, O.L. & RYMAL, K.S. Pod-wall toughness as a measure of cowpea curculio resistance in southernpeas. **HortSci.**, **15**(3):486, 1980.
- COSTA, E.F.; MENEZES, R.V.S. de; FREIRE FILHO, F.R. Qualidade das sementes de caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) utilizadas na Microrregião Homogênea dos baixões agrícolas Piauienses. In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 1., Goiânia, GO, 1982. **Resumos**. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1982. p.283-4. (EMBRAPA-CNPAP. Documentos, 4).
- CUTHEBERT Jr., F.P. & CHAMBLISS, O.L. Source of resistance to cowpea curculio in *Vigna sinensis* and related species. **J. Econ. Entomol.**, **65**(2):542-5, 1972.
- CUTHEBERT Jr., F.P. & DAVIS, F.P. Factors contributing to cowpea curculio resistance in southernpeas. **J. Econ. Entomol.**, **65**(3): 778-81, 1972.
- CUTHÉBERT Jr., F.P. & FERY, R.L. CR-17-1-13, CR-18-13-1, CR-22-2-21 cowpea curculio resistant southernpea germplasm. **HortSci.**, **10**(6): 628, 1975.
- CUTHEBERT Jr., F.P.; FERY, R.L.; CHAMBLISS, O.L. Breeding for resistance to the cowpea curculio in southernpeas. **HortSci.**, **9**(1):69-70, 1974.
- DICK, K.M. & CREDLAND, P.F. Changes in the response of *Callosobruchus maculatus* (Coleóptera: Bruchidae) to a resistant variety of cowpea. **J. Stored Prod. Res.**, **22**(4):227-33, 1986a.
- DICK, K.M. & CREDLAND, P.F. Variation in the response of *Callosobruchus maculatus* (F.) to a resistant variety of cowpea. **J. Stored Prod. Res.**, **22**, 43-8, 1986b.
- FERY, R.L. & CUTHEBERT Jr., F.P. Inheritance of pod resistance to cowpea curculio infestation in southernpeas. **J. Hered.**, **66**:43-4, 1975.
- FERY, R.L. & CUTHEBERT Jr., F.P. Inheritance and selection of nonpreference resistance to the cowpea curculio in the southernpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). **J. Amer. Soc. Hortic. Sci.**, **103**(3):370-2, 1978.
- HOSSAIN, M.A. Inheritance and selection response of pod-wal strength and its relationship to cowpea curculio (*Chalcodermus aeneus*) resistance in southernpeas *Vigna unguiculata* (L.) Walpers. **Diss. Abstr. Int.**, **44**(3):700B, 1983.
- INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. **Annu Rep.** for 1976. Ibadan, Nigéria. 1976.
- INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. **Annu. Rep.** for 1980. Ibadan, Nigéria. 1981a.
- INTERNATIONAL INSTITUTE OF TROPICAL AGRICULTURE. **Res. Highlights.** for 1980. Ibadan, Nigéria. 1981b.
- LARA, F.M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. Piracicaba, Livrocere, 1979. 207p.

- NEVES, B.P. das. Determinação da resistência varietal ao manhoso (*Chalcodermus* sp.) em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). In: REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE CAUPI, 1., Goiânia, GO, 1982. **Resumos**. Goiânia, EMBRAPA-CNPAF, 1982. p.65. (EMBRAPA-CNPAF. Documentos, 4).
- REDDEN, R.J. The inheritance of seed resistance to *Callosobruchus maculatus* F. in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). II Analyses of percentage emergence and emergence periods of bruchids in F4 seed generation of two reciprocal crosses. **Aust. J. Agric. Res.**, **34**:697-705, 1983.
- REDDEN, R.J. & MCGUIRE, J. The genetic evaluation of bruchid resistance in seed of cowpea. **Aust. J. Agric. Res.**, **34**:707-15, 1983.
- REDDEN, R.J.; DOBIE, P.; GATEHOUSE, A.M.R. The inheritance of seed resistance to *Callosobruchus maculatus* F. in cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.). I analyses of parental, F1, F2, F3 and backcross seed generations. **Aust. J. Agric. Res.**, **34**:681-95, 1983.
- RYMAL, K.S.; CHAMBLISS, O.L.; MCGUIRE, J.A. The role of volatile principles in nonpreference resistance to cowpea curculio in southernpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **HortSci.**, **16**(5):670-2, 1981.
- SANTOS, J.H.R. dos. **Aspectos da Biologia do *Callosobruchus maculatus* (Fabr., 1972) (Col. Bruchidae) sobre sementes de *Vigna sinensis* Endl.** Piracicaba, 1971. 87p. Tese Mestrado.
- SANTOS, J.H.R. dos. **Aspectos da Resistência de Cultivares de *Vigna sinensis* (L.) Savi ao ataque do *Callosobruchus maculatus* (F., 1775) (Col. Bruchidae), mantidos no estado do Ceará, Brasil.** Piracicaba, ESALQ, 1976. 194p. Tese Doutorado.
- SANTOS, J.H.R. & QUINDERÉ, M.A.W. Distribuição, importância e manejo das pragas do caupi no Brasil. In: ARAÚJO, J.P.P. de & WATT, E.E. (eds.). **O caupi no Brasil**. Brasília, IITA/EMBRAPA-DPU, 1988. p.605-658.
- SCHALK, J.M. & RASSOULIAN, G. *Callosobruchus maculatus*: Observations of attack on cowpea in Iran. **J. Econ. Entomol.**, **66**(2):579-80, 1973.
- SINGH, H.B.; MITAL, S.P.; DABAJ, B.S.; THOMAS, T.A. Breeder's stocks of cowpea. **Indian J. Genet. Plant Breed.**, **36**(3):410-17, 1976.
- SINGH, S.R. & ALLEN, D.J. Pest, diseases, resistance, and protection in cowpeas. In: SUMMERFIELD, R.J. & BUTING, A.H., ed. **Advances in legume science**, Kew, **Royal Botany Gardens**, 1980. 667p.
- SINGH, B.B.; SINGH, S.R.; ADJARDI, O.; NTARE, B.R. Insect resistance - Bruchids. In: **International Institute of Tropical Agriculture. 1982. Annu Rep.**: 57-9, 1983.
- TODD, J.W. & CANERDAY, T.D. Resistance of southern peas to the cowpea curculio. **J. Econ. Entomol.** **61**:1327-9, 1968.
- VIEIRA, F.V.; BASTOS, J.A.M.; PEREIRA, L. Influência do *Chalcodermus bimaculatus* Fiedler, 1936 (Col.: curc.) sobre o poder germinativo do feijão-de-corda, *Vigna sinensis* (L.) Savi. **Fitossanidade**. **1**(2):47-48, 1975.