

HERANÇA DAS REAÇÕES DO FEIJOEIRO (*Phaseolus vulgaris* L.)
AO VIRUS DO MOSAICO RUGOSO DO FEIJÃO

Tese de Grau
de
Magister Scientiae

Paulo Fernandes Rodrigues Machado



INSTITUTO INTERAMERICANO DE CIENCIAS AGRICOLAS DA OEA
Centro Tropical de Ensino e Pesquisa
Departamento de Cultivos e Solos Tropicais
Turrialba, Costa Rica
Julho, 1973

HERANÇA DAS REAÇÕES DO FEIJOEIRO (Phaseolus vulgaris L.)

AO VIRUS DO MOSAICO RUGOSO DO FEIJÃO

Tese de grau

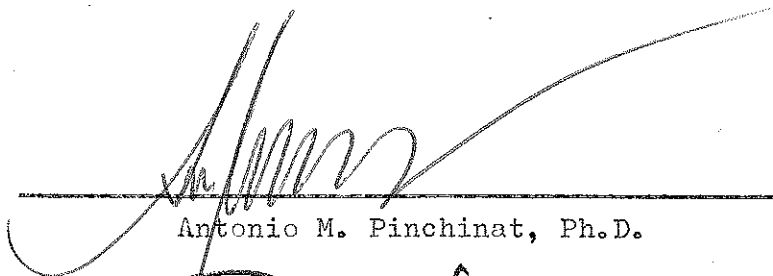
de

Magister Scientiae

no

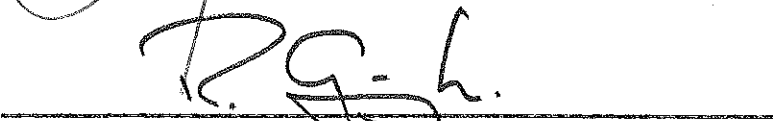
Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas da OEA

APROVADA:



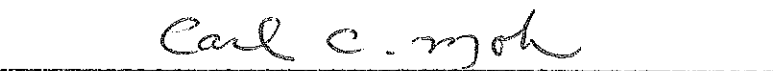
Antonio M. Pinchinat, Ph.D.

Conselheiro



Rodrigo Gámez, Ph.D.

Comitê



Carl C. Moh, Ph.D.

Comitê



Oscar Hidalgo-Salvatierra, Ph.D.

Comitê

Julho, 1973

À memória de meu Saudoso Pai,

À minha mãe,

batalhadora incansável pró cultura dos filhos

À meus irmãos

e

À minha esposa

pelo apoio e estímulo

À D. Penha, primeira e dedicada professora.

AGRADECIMENTO

O autor deixa expresso seu agradecimento:

Ao Dr. Antonio M. Pinchinat, conselheiro principal, por sua valiosa e acertada orientação na realização do presente trabalho.

Aos Drs. Rodrigo Gámez, Carl C. Moh e Oscar Hidalgo-Salvatierra, membros do comitê, pelas sugestões e ensinamentos proporcionados.

À Ceplac, nas pessoas do Sr. José Haroldo de Castro Vieira, Secretario Geral, e Dr. Paulo de Tarso Alvim, Superintendente Técnico Geral, pela confiança depositada e facilidades proporcionadas através do Convênio CEPLAC/IICA.

À Luis G. Salazar G. pela colaboração desinteressada e a todas as pessoas que direta ou de indiretamente prestaram a sua contribuição.

BIOGRAFIA

O autor nasceu no Município de Itaperuna, Rio de Janeiro, Brasil, em 15 de Junho de 1941. Realizou seus estudos secundários no Ginásio Natividade, Colégio Bittencourt, (Rio de Janeiro), Colégio São Paulo e Colégio de Viçosa (Minas Gerais).

Cursou seus estudos universitários na Escola Superior de Agricultura da Antiga Universidade Rural do Estado de Minas Gerais, graduando-se em dezembro de 1963.

Iniciou suas actividades profissionais em fevereiro de 1964 como extensionista da CEPLAC. Em 1965 foi transferido para a Escola Média de Agricultura da mesma organização onde durante 4 anos exerceu as funções de professor e chefe do núcleo de Horticultura e Fruticultura. Em 1969 foi transferido para o Centro de Pesquisas do Cacau onde passou a trabalhar no programa de Diversificação de Culturas.

Em Setembro de 1971, ingressou no Centro Tropical de Ensino e Investigação do Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas, IICA-CTEI, Turrialba, Costa Rica, onde realizou seus estudos de pós-graduação em Fitomelhoramento no Departamento de Cultivos e Solos, concluindo em julho de 1973.

CONTEÚDO

	<u>Página</u>
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Virus do mosaico rugoso do feijão	3
2.2. Reações do feijoeiro ao VMRF	3
2.3. Genética das reações das plantas a diversos grupos de virus	4
3. MATERIAIS E MÉTODOS	9
3.1. Localização da investigação	9
3.2. Descrição do material	9
3.2.1. Linhagens puras do feijão	9
3.2.2. Fonte do virus	11
3.3. Cruzamentos e retrocruzamentos	11
3.4. Cultivo das progênes F ₁ , F ₂ e RC	12
3.5. Inoculação do virus	12
3.6. Avaliação das reações das plantas inoculadas ...	12
3.7. Análise dos dados	13
4. RESULTADOS	14
4.1. Reações das linhas progenitoras puras	14
4.2. Reações da geração F ₁	14
4.3. Reações da geração F ₂	15
4.4. Reações da geração RC	17
5. DISCUSSÃO	19
6. CONCLUSÕES	21
7. RESUMO	22
8. SUMMARY	24
9. LITERATURA CITADA	25
APÊNDICE	27

LISTA DE QUADROS

Quadro Nº		<u>Página</u>
1	Características diferenciais das linhas puras de feijão RH-3, NH-3, NH-12	10
2	Número de plantas inoculadas e reações dos progenitores PS, PH e PI ao VMRF	14
3	Número de plantas inoculadas e reações ao VMRF nas progênies F_1 dos cruzamentos entre PS, PH e PI, de feijão	15
4	Reações ao VMRF nas progênies F_2 de feijão obtidas dos cruzamentos entre PS, PH e PI....	16
5	Reações ao VMRF nas progênies RC de feijão, obtidas dos cruzamentos entre PS, PH e PI ...	18

Apêndice

Quadro Nº		<u>Página</u>
1A	Reações ao VMRF nas progênies F_2 de feijão obtidas do cruzamento de PS x PH	28
2A	Reações ao VMRF nas progênies F_2 de feijão obtidas do cruzamento de PH x PS	28
3A	Reações ao VMRF nas progênies F_2 de feijão obtidas do cruzamento de PS x PI	29
4A	Reações ao VMRF nas progênies F_2 de feijão obtidas do cruzamento de PI x PS	29
5A	Reações ao VMRF nas progênies F_2 de feijão obtidas do cruzamento de PH x PI	30
6A	Reações ao VMRF nas progênies F_2 de feijão obtidas do cruzamento de PI x PH	30

LISTA DE FIGURAS

Figura Nº		<u>Página</u>
1	Reação de sistemicidade do progenitor RH_3 ao VMRF: folhas simples, não inoculada (A) e inoculada (B); folhas compostas de plantas, não inoculada (C) e inoculada (D)	6
2	Reação de hipersensibilidade do progenitor NH_3 ao VMRF: folhas simples, não inoculada (A) e inoculada (B); folhas compostas de plantas, não inoculada (C) e inoculada (D) .	7
3	Reação de imunidade do progenitor NH_{12} ao VMRF: folhas simples, não inoculada (A) e inoculada (B); folhas compostas de plantas, não inoculada (C) e inoculada (D)	8

1. INTRODUÇÃO

O feijoeiro (Phaseolus vulgaris L.) é econômica e socialmente, um dos cultivos mais importantes da América Latina. Constitui uma apreciável fonte de renda para muitos agricultores e um dos alimentos proteicos mais baratos de que dispõem as camadas sociais de menor ingresso. Entretanto, o problema de baixos rendimentos e os riscos que enfrentam os produtores face ao grande número de enfermidades que atacam essa leguminosa necessitam ser estudados sob vários aspectos.

Dentre as enfermidades que atacam o feijoeiro, aquelas causadas por virus ocupam importância significativa, visto que, em vastas áreas cultivadas se estimam perdas que se elevam a 10 por cento ou mais da produção. Como o controle prático dessas enfermidades consiste no emprego de variedades resistentes, o conhecimento da genética da resistência constitui um imperativo para que se possa realizar um trabalho racional de melhoramento com respeito a essa característica.

O virus do mosaico rugoso do feijão (VMRF), identificado recentemente em Costa Rica como uma nova raça do grupo de virus do mosaico do caupi (Vigna sinensis), ataca o feijoeiro podendo causar sérios danos ao cultivo na América Latina. Por outro lado, existem variedades de feijão que são resistentes e outros que são imunes, porém, até o momento não se conhece a herança dessas reações à enfermidade. Assim, ainda que não dispondo de dados econômicos sobre a importância dessa enfermidade, julgou-se de interesse estudar a genética da resistência do feijoeiro ao VMRF, antecipando-se ao controle da enfermidade mediante métodos fitogenéticos.

O objetivo do presente estudo consistiu em determinar a herança das reações do feijoeiro ao VMRF para guiar os programas de melhora-

mento genético desta espécie. Especificamente, consistiu em determinar o tipo de herança das reações diferenciais apresentadas em três cultivares de feijão no tocante à relação de dominância e recessividade entre os alelos e número de loci envolvidos.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Virus do mosaico rugoso do feijão

O virus do mosaico rugoso do feijão (VMRF) foi classificado por Gámez (10) como um novo virus do grupo de virus do mosaico do caupi ou cowpea mosaic virus (CPMV). Exceto a composição das bases do ácido ribonucleico ainda não estudada, se difere dos demais virus desse grupo no que respeita à sintomatologia e âmbito de hospedeiros. Serologicamente, o virus está bem relacionado com o virus do "moteado" da vagem do feijoeiro ou bean pod mottle virus (BPMV). Não é transmitido por sementes nem por áfidos, porém, facilmente por processos mecânicos e insetos crisomélidos, tais como Diabrotica adelpha, D. balteata e particularmente, Ceratoma ruficornis (7, 8, 9, 10, 14).

2.2. Reações do feijoeiro ao VMRF (10)

Em uma série de variedades de feijão inoculadas com o VMRF encontrou-se três tipos de reações diferenciais ao referido virus: a) reação do tipo sistêmica, caracterizada por um mosaico severo, com enrugamentos e deformações nas folhas trifoliadas, ocasionalmente acompanhados de necrosis nas nervuras principais (Figura 1); b) reação de hipersensibilidade, caracterizada por lesões locais necróticas sobre as folhas cotiledonares inoculadas, de coloração café, medindo aproximadamente 2 mm de diâmetro (Figura 2); c) reação de imunidade ou ausência de reação, em que a planta inoculada não é infectada pelo virus e portanto não se observa nenhum sintoma de enfermidade (Figura 3).

A reação sistêmica aparece com 6-8 dias e hipersensibilidade com 3-4 dias, após a inoculação.

De forma similar ao que ocorre com BPMV, cada variedade de feijão apresenta exclusivamente um tipo de reação específica.

2.3. Genética das reações das plantas a diversos grupos de virus

A herança das reações das plantas a diversos grupos de virus, comumente depende da ação de poucos gens, todavia ocorre casos de influências citoplasmáticas (21).

Reação de hipersensibilidade ao mosaico virus 4 do feijão ou southern bean mosaic virus (SBMV), foi determinada como dominante sobre reação sistêmica e governada por um único gen (22).

Em uma linha da variedade de feijão 'Scotia', a hipersensibilidade ao virus do mosaico do tabaco ou tobacco mosaic virus (TMV) foi determinada como recessiva com respeito à ausência de reação e controlada por um par de alelos (20).

Baggett (3) estudando a genética da resistência ao virus do mosaico amarelo do feijão ou bean yellow mosaic virus (BYMV), através de cruzamentos de Phaseolus coccineus (imune) x P. vulgaris (susceptível), concluiu que a herança está condicionada por dois ou três pares de gens recessivos, possivelmente com efeito de gens modificadores.

Dickson e Natti (6), trabalhando com uma raça de BYMV, encontraram dominância de imunidade sobre reação sistêmica governada por um único gen.

Parker (15) estudando a herança da resistência do feijoeiro ao

virus do mosaico comum ou common bean mosaic virus (CBMV), concluiu que nas primeiras gerações de cruzamentos a herança é de natureza citoplasmática, mas no final o controle é nuclear com retardada ação gênica. Ali (1), através de cruzamentos de variedades resistentes por susceptíveis ao CBMV, concluiu que a resistência é controlada por 2 pares de gens, com epistasis dominante e recessiva. Guerra (11) em trabalho semelhante com a raça peruana do CBMV, deu conta de que a resistência é monogênica recessiva, sem ação citoplasmática. Por sua vez, Pierce (16) encontrou que em certas variedades a resistência a CBMV é dominante e em outras é recessiva, com possíveis influências citoplasmáticas. Anderson e Down (2) trabalhando com uma raça do mesmo CBMV, também encontraram resistência monogênica dominante e recessiva em diferentes variedades.

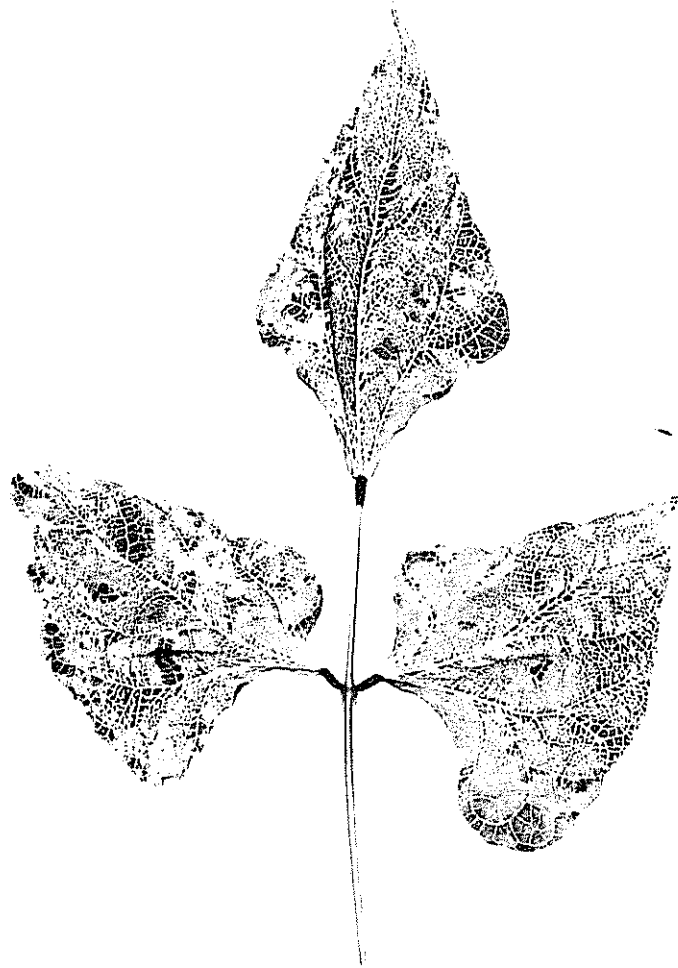
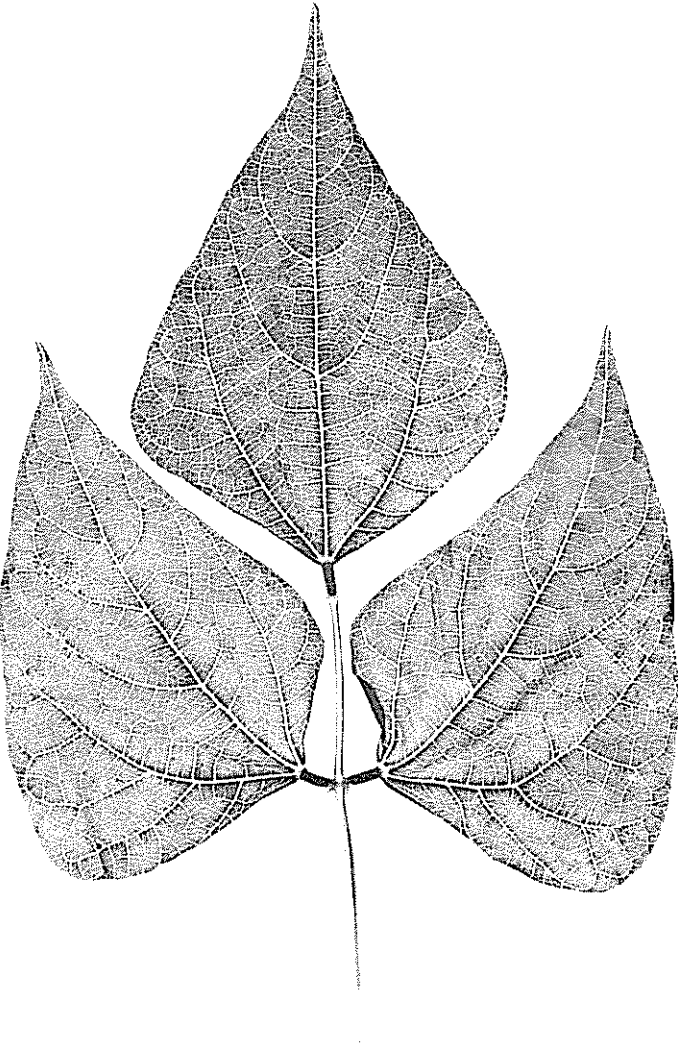
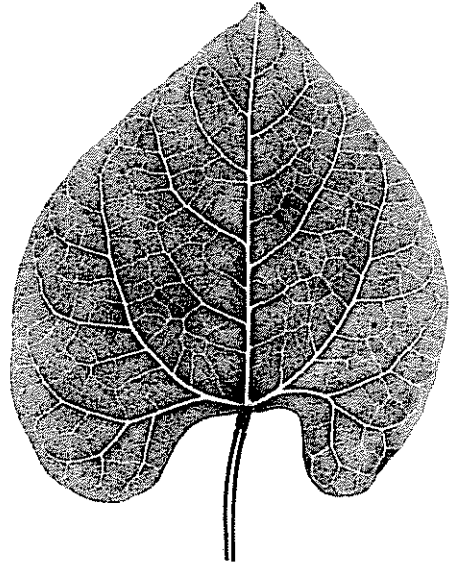
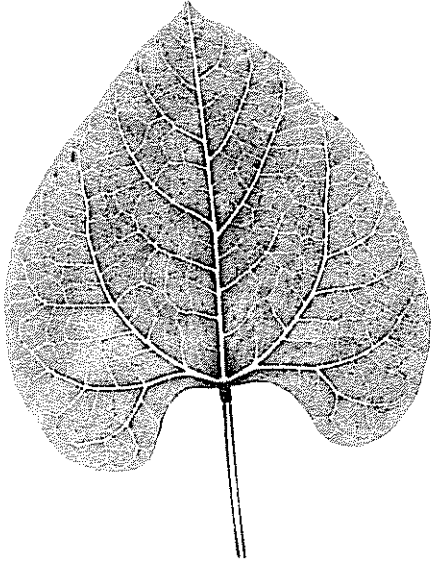


Fig. 1. Reação de sistemicidade do progenitor RH₃ ao VMRF: folhas simples, não inoculada (A) e inoculada (B); folhas compostas de plantas, não inoculada (C) e inoculada (D).

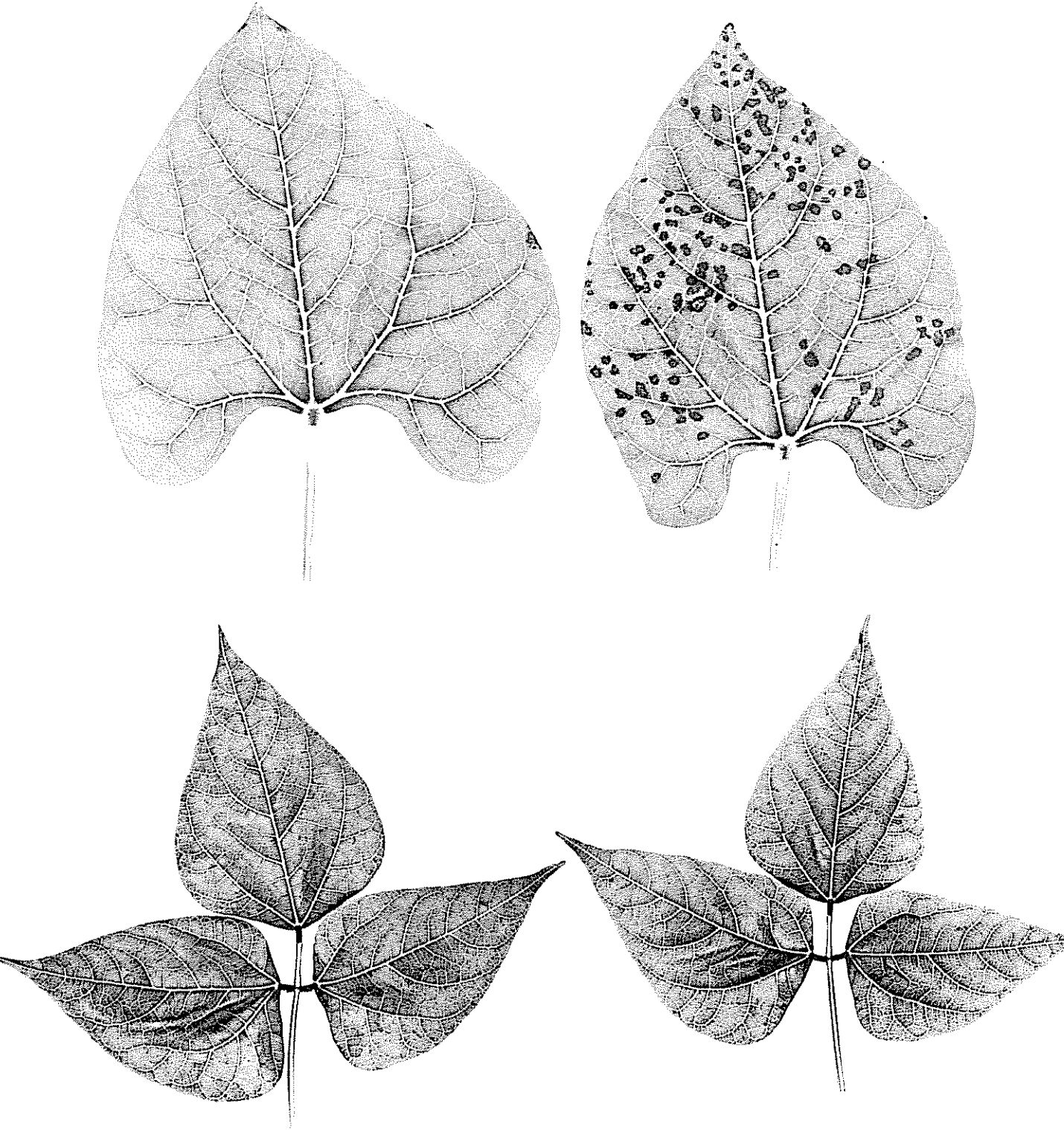


Fig. 2. Reação de hipersensibilidade do progenitor NH_3 ao VMRF: folhas simples, não inoculada (A) e inoculada (B); folhas compostas de plantas, não inoculada (C) e inoculada (D).

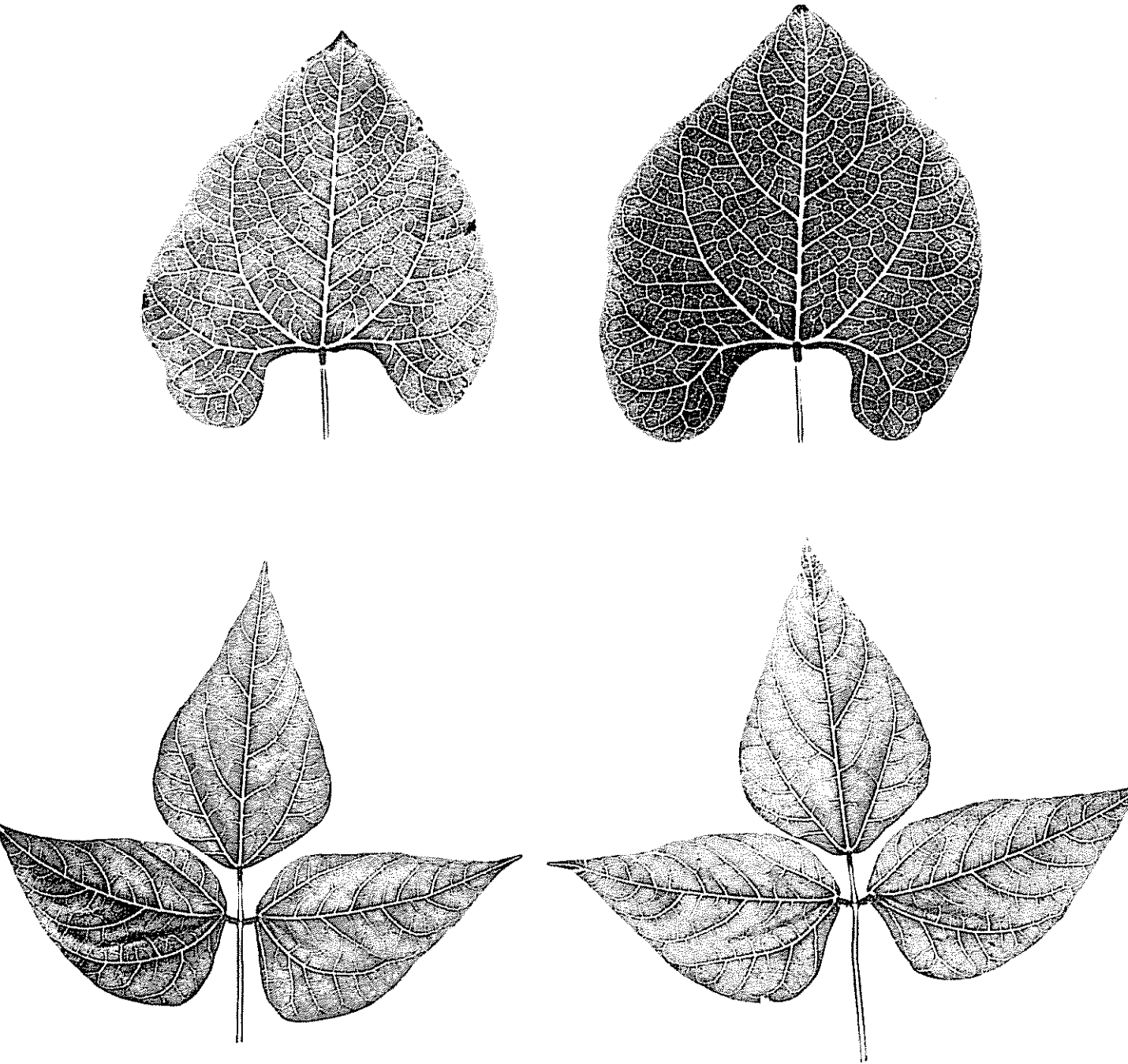


Fig. 3. Reação de imunidade do progenitor NH₁₂ ao VMRF: folhas simples, não inoculada (A) e inoculada (B); folhas compostas de plantas, não inoculada (C) e inoculada (D).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Localização da investigação

O presente trabalho foi realizado em casa de vegetação da Unidade de Cultivos Alimentícios (UCA) do Centro Tropical de Ensino e Pesquisas do Instituto Interamericano de Ciências Agrícolas (IICA-CTEI), Turrialba, Costa Rica, a uma altitude aproximada de 645 metros sobre o nível do mar, 83º 39' 40" de longitude oeste e 9º 55' 21" de latitude norte.

3.2. Descrição do material

3.2.1. Linhagens puras de feijão

O material botânico básico para realização deste estudo foi fornecido pela UCA. Utilizaram-se três linhas puras: RH-3, proveniente de 'Turrialba 3V', NH-3, de 'Turrialba 1N' e NH-12, de 'Turrialba 2N'. Os tipos de reações ao VMRF bem como as características botânicas diferenciais mais importantes das linhas puras são apresentados no Quadro 1.

Quadro 1. Características diferenciais das linhas puras de feijão
RH-3, NH-3 e NH-12.

Linhas	Características*					
	Reação ao VMRF	Cor da semente	Cor do hi pocótilo	Cor dos co tilédones	Cor das nervuras	Cor das flores
RH-3	S	V	C	B	C	B
NH-3	H	N	R	RI	R	R
NH-12	I	N	R	R	R	R

* Os símbolos têm os seguintes significados: S = Sistêmica; H = Hipersensível; I = Imune; V = Vermelha; N = Negra; C = Verde clara; R = Roxa; B = Branca; RI = Roxa intensa.

À continuação se designará, RH-3 por PS (progenitor sistêmico), NH-3 por PH (progenitor hipersensível) e NH-12 por PI (progenitor imune).

As sementes das três linhas progenitoras, previamente tratadas com uma mescla de fungicidas (PCNB, Captan, Pibutrin e aldrin) foram semeadas em vasos de flandres com capacidade de quatro quilogramas contendo solo desinfectado com brometo de metila e adubado à razão de 100, 450, 30 e 25 kg/ha de N, P₂O₅, K₂O, e S respectivamente, a uma densidade de 2 sementes por vaso. A irrigação das plantas foi determinada por uma série de 5 tensiômetros introduzidos em diferentes vasos de forma a manter a sucção de água do solo ao redor de 0,8 bar. Como prevenção à incidência de pragas e enfermidades, pulverizou-se

as plantas quinzenalmente com malation e tedion, segundo as recomendações emanadas dos fabricantes.

3.2.2. Fonte do vírus

Como fonte de inóculo, utilizou-se o extrato de folhas de feijão infectadas com o VMRF gentilmente fornecidas pelo Dr. Rodrigo Gámez, virólogo da Universidade de Costa Rica. O referido vírus foi mantido em casa de vegetação sobre plântulas provenientes de sementes sadias do PS, mediante inoculações quinzenais.

3.3. Cruzamentos e retrocruzamentos

As três linhas puras foram cruzadas segundo um esquema dialélico. Para realização dos cruzamentos e RC (retrocruzamentos) adotou-se a técnica de Buishand (4), que consiste em abrir o botão floral do progenitor feminino no dia anterior à antese, eliminar a quilha e os estames e esfregar as anteras da flor recém-aberta do progenitor masculino sobre o estigma da flor emasculada, fechando-a imediatamente. Cada flor polinizada artificialmente se identificou com uma etiqueta que constava da linha progenitora feminina x linha progenitora masculina de um lado, e data no verso. Para cada combinação de progenitores bem como de seus recíprocos produziu-se aproximadamente 80 sementes F_0 . Com uma parte desse material cultivado também em casa de vegetação, produziu-se os F_1 , F_2 , e RC que posteriormente foram inoculados com o VMRF.

3.4. Cultivo das progênies F₁, F₂ e RC

As progênies F₁, F₂ e RC foram cultivadas de forma similar às linhas progenitoras, salvo que, todo o material destinado a avaliação com respeito ao VMRF foi cultivado em vasos de polietileno de dois quilogramas de capacidade à densidade de 4 plantas por vaso.

3.5. Inoculação do vírus (10)

As inoculações do VMRF foram feitas em folhas cotiledonares quando as plântulas começavam a emitir as folhas trifoliadas, ou seja, aos 8 a 10 dias depois da sementeira. Todas as folhas a inocular foram previamente pulverizadas com carborundum para facilitar o rompimento da epiderme e conseqüentemente a penetração do vírus. A inoculação propriamente dita foi feita utilizando a mão esquerda para sustentar a folha e o dedo indicador para espalhar e esfregar suavemente o extrato infeccioso, cujo, foi obtido de tecidos enfermos jovens por meio de maceração em morteiro. As inoculações foram executadas invariavelmente após as 17 horas, quando a temperatura dentro da casa de vegetação se tornava mais amena (25 a 26 C).

3.6. Avaliação das reações das plantas inoculadas

A leitura das reações exibidas pelas progênies F₁, F₂ e RC foram feitas visualmente, comparando-as com aquelas exibidas pelas progenitoras que funcionaram como testemunhas. Como medida de segurança adotou-se os seguintes intervalos de tempo entre inoculação e leitura das reações para avaliação dos resultados: 5 dias para lesão local

e 20 dias para ausência de reação e reação sistêmica.

Os resultados foram tabulados por frequência de cada reação exibida em cada cruzamento nas gerações (F_1 , F_2 e RC) e progenitor (como referência).

3.7. Análise dos dados

Os dados recoletados, após tabulação, foram analisados segundo o teste de Q-quadrado ou Q^2 (5, 18) que foi aplicado às progênes F_2 e RC. Nas F_2 , o teste de Q^2 foi aplicado por família e por total de famílias de cada cruzamento; como não se verificou efeito materno, aplicou-se o teste para total das progênes de cada combinação de progenitores mais a combinação recíproca correspondente.

4. RESULTADOS

4.1. Reações das linhas progenitoras puras

As reações das linhas progenitoras puras ao VMRF são apresentadas no quadro 2.

Quadro 2. Número de plantas inoculadas e reações dos progenitores PS, PH e PI ao VMRF.

Progenitor*	Nº de plantas inoculadas	Número de plantas com reação de tipo		
		Imune	Hipersensível	Sistêmico
PS	30	0	0	30
PH	30	0	30	0
PI	30	30	0	0

* Os símbolos têm os seguintes significados: PS = Progenitor Sistêmico; PH = Progenitor Hipersensível e PI = Progenitor Imune.

Os dados mostram que cada progenitor apresenta exclusivamente um tipo de reação ao vírus em questão.

4.2. Reações da geração F₁

No Quadro 3 são apresentados os resultados referentes às reações das progênes F₁ ao VMRF.

No lote de plantas F₁ (PS x PH), detectou-se duas plantas não híbridas que por conseguinte exibiram reação sistêmica típica do progenitor feminino (PS).

Tais resultados mostram que a herança das reações são de natureza qualitativa, com imunidade completamente dominante sobre os demais tipos de reações, e hipersensibilidade completamente dominante sobre sistemicidade.

Quadro 3. Número de plantas inoculadas e reações ao VMRF nas progêneses F_1 dos cruzamentos entre PS, PH e PI, de feijão.

Progênie* F_1	Nº de plantas inoculadas	Número de plantas con reação de tipo		
		Imune	Hipersensível	Sistêmico
PS x PH	30	0	28	2**
PH x PS	30	0	30	0
PS x PI	30	30	0	0
PI x PS	30	30	0	0
PH x PI	30	30	0	0
PI x PH	30	30	0	0

* Os símbolos têm os seguintes significados: PS = Progenitor Sistêmico; PH = Progenitor Hipersensível; PI = Progenitor Imune.

** Plantas não híbridas, resultantes de endocria.

4.3. Reações da geração F_2

O resumo dos dados coletados em F_2 relativos à reação das plantas ao VMRF são apresentados no quadro 4. Os dados coletados por família de cada cruzamento e seus respectivos valores de Q^2 são apresentados nos quadros 1A, 2A, 3A, 4A, 5A e 6A, em apêndice.

Quadro 4. Reações ao VMRF nas progênies F₂ de feijão obtidas dos cruzamentos entre PS, PH e PI.

Cruzamento ^{1/}	Número de progênies F ₂ inoculadas	Nº de plantas com reação de tipo			Proporção observada ^{2/}	Q ²	Probabilidade
		Imune	Hipersensível	Sistêmico			
PS x PH	1.504	--	1.129	375	3,01:1	0,0034	0,95-0,98
PS x PI	1.460	1.099	--	361	3,04:1	0,0584	0,80-0,90
PH x PI	1.616	1.230	386	---	3,19:1	1,1905	0,20-0,30

^{1/} Inclui o cruzamento recíproco correspondente e os símbolos têm os seguintes significados: PS = Progenitor Sistêmico; PH = Progenitor Hipersensível e PI = Progenitor Imune

^{2/} Proporção esperada 3:1

Os resultados totais ou parciais de cada cruzamento na F_2 submetidos ao teste de Q^2 (com $gl = 1$ e nível de probabilidade = 0,05), se ajustaram satisfatoriamente a uma segregação 3:1.

4.4. Reações da geração RC

Os dados referentes às reações das progênies RC ao VMRF são apresentados no quadro 5.

De maneira semelhante ao ocorrido em F_1 e F_2 , não se notaram reações intermediárias ou diferentes daquelas apresentadas pelas três linhas puras. Mais uma vez se comprovou a relação de dominância e recessividade entre os três tipos de reações.

Os ajustes satisfatórios das proporções observadas à proporção teórica esperada (1:1) nos cruzamentos prova confirmaram os resultados obtidos em F_1 e F_2 .

Quadro 5. Reações ao VMRF nas progênies RC de feijão, obtidas dos cruzamentos entre

PS, PH e PI.

Retrocruzamen- tos ^{1/} (RC)	Número de progênies inoculadas	Nº de plantas com reação de tipo			Proporção observada ^{2/}	Q ²	Probabi- lidade
		Imune	Hipersen- sível	Sistê- mico			
Ps x (PSxPH)	60	--	33	27	1,22:1	0,6000	0,30-0,50
PS x (PSxPI)	59	27	--	32	1:1,18	0,4236	0,50-0,60
PH x (PHxPI)	61	31	30	--	1,03:1	0,0162	0,80-0,90

^{1/} Os símbolos têm os seguintes significados: PS = Progenitor Sistêmico; PH = Progeni-
tor Hipersensível; PI = Progenitor Imune.

^{2/} Proporção esperada 1:1

5. DISCUSSÃO

Os resultados encontrados e relatados na presente investigação, demonstraram de forma evidente que as reações ao VMRF apresentadas pelas linhas de feijão PS, PH e PI, se transmitem aos seus descendentes segundo as leis de Mendel para caracteres qualitativos.

Os ajustes satisfatórios entre as proporções observadas e esperadas (3:1 em F_2 , e 1:1 em RC_1) das reações diferenciais nos diversos cruzamentos entre as três linhas puras de feijão (inclusive nos recíprocos) confirmaram a hipótese de controle monogênico com três alternativas para o mesmo locus, ao tempo que excluíram e qualquer influência extranuclear.

Ademais, as reações constatadas nas gerações F_1 , F_2 e RC de cada cruzamento e de seu recíproco entre as três linhas progenitoras evidenciaram a seguinte relação de dominância completa: Imunidade > hipersensibilidade > sistemicidade.

A natureza qualitativa, monogênica das reações apresentadas pelas três linhas puras ao VMRF está em pleno acordo com os resultados de uma série de investigações similares com outros virus, citados por Yarnell (21). Concorda também com os resultados de Thomas e Zaumeyer (19) sobre o BPMV, que é relacionado serologicamente ao VMRF (10).

Ainda que na literatura consultada não tenhamos encontrado nenhum caso similar em que os três tipos de reações a um mesmo virus ocorram em uma mesma espécie, a relação de dominância estabelecida nesta investigação encontra apoio em trabalhos como o de Thompson e colaboradores (20) com o TMV em feijão, os quais reportaram dominância de

imunidade sobre hipersensibilidade. A relação concorda também com os resultados obtidos por Schroeder e Provvidentti (17) onde imunidade à raça PV2 de BYMV domina sobre reação sistêmica, e com aqueles obtidos por Thomas e Zaumeyer (19) com BPMV, em que hipersensibilidade domina sobre reação sistêmica.

Ao locus em que se situam os três alelos se propôs a designação de MRF e conseqüentemente, MRF_1 , MRF_2 e MRF_3 aos alelos que conferem reações correspondentes de tipo imune, hipersensível e sistêmica, sendo a relação de dominância $MRF_1 \succ MRF_2 \succ MRF_3$. Por conseguinte, no que se refere ao locus MRF, as três linhas puras e suas progênies F_1 têm a constituição genética indicada à continuação:

<u>Material</u>	<u>Reação fenotípica</u>	<u>Genotipo</u>
PI	imunidade	MRF_1/MRF_1
PH	hipersensibilidade	MRF_2/MRF_2
PS	sistemicidade	MRF_3/MRF_3
(PI x PH)	imunidade	MRF_1/MRF_2
(PI x PS)	imunidade	MRF_1/MRF_3
(PH x PS)	hipersensibilidade	MRF_2/MRF_3

O fato de os três tipos de reações do feijoeiro ao VMRF terem se comportado como governados por três alelos de um unico locus, resulta conveniente para os trabalhos de melhoramento genético com vista a transferência de resistência ~~ou imunidade~~ au virus neste cultivo.

6. CONCLUSÕES

Sob as condições em que se realizou esta investigação e com as três variedades de feijão empregadas, conclui-se que:

1. As reações de imunidade, hipersensibilidade e sistemicidade, resultantes da interação VMRF/variedades de feijão são de natureza nuclear, sem influência citoplasmática.
2. As referidas reações se transmitem aos descendentes segundo os postulados de Mendel para caracteres qualitativos, com dominância completa entre os alelos.
3. A hipótese de um único gen com três alelos para o mesmo locus explica satisfatoriamente a herança das reações diferenciais, estabelecendo: 1) um alelo MRF_1 para imunidade que domina sobre os demais; 2) um alelo MRF_2 que confere hipersensibilidade em estado homozigoto ou na presença do terceiro alelo MRF_3 ; 3) um alelo MRF_3 que em homozigose confere reação sistêmica.
4. Resulta conveniente para os trabalhos de melhoramento genético do feijão que os três tipos de reações ao VMRF estejam em um mesmo locus.

7. RESUMO

Devido a que o VMRF ataca certas variedades de feijão comercialmente importantes para a América Latina, julgou-se de utilidade realizar o presente trabalho, com o objetivo de determinar a herança das reações exibidas pela interação VMRF/variedades de feijão, para guiar programas futuros de melhoramento desta espécie.

O trabalho foi realizado em casa de vegetação da Unidade de Cultivos Alimentícios (UCA) do IICA-CTEI. Utilizou-se sementes das linhas puras NH_3 , NH_{12} e RH_3 da coleção de material genético da referida UCA, provenientes respectivamente, dos cultivares 'Turrialba 1N', 'Turrialba 2N', e 'Turrialba 3V', caracterizados por exibirem reações de imunidade, hipersensibilidade e sistemicidade, quando inoculados com o VMRF.

As três linhas foram cruzadas entre si segundo um esquema dialélico para produção de progênies F_1 , F_2 e RC.

Como fonte de inóculo se utilizou extrato de folhas de feijão infectadas com o VMRF fornecidas pelo Dr. Rodrigo Gámez, virólogo da Universidade de Costa Rica, o qual se manteve em plantas saudáveis da linha de reação sistêmica, RH_3 , em casa de vegetação.

Inoculou-se as plântulas molhando o dedo indicador com o extrato infeccioso e esfregando suavemente sobre a lâmina das folhas cotiledonares previamente pulverizadas com carborundum, 8-10 dias após semeadura.

Avaliou-se os resultados visualmente em F_1 , F_2 e RC comparando suas reações com aquelas exibidas pelos seus respectivos progenitores.

Os resultados encontrados em F_2 e RC foram submetidos ao teste de Q^2 para comprovação estatística.

Analizados os resultados, concluiu-se que a herança das reações do feijoeiro ao VMRF se comporta como monogênica, governada por três alelos, MRF_1 , MRF_2 e MRF_3 , onde o primeiro confere imunidade e domina sobre os outros dois; o segundo confere hipersensibilidade e domina sobre o terceiro; este, em estado de homozigose confere reação sistêmica. Ademais, no presente trabalho não se constatou nenhum efeito citoplasmático.

8. SUMMARY

This study was aimed at determining the inheritance of the reaction of the common bean (Phaseolus vulgaris L.) to the common bean rugose virus, a potential threat to bean production in Latin America.

Seeds from three pure lines, NH_3 (from cv Turrialba-1N), NH_{12} (from cv Turrialba-2N) and RH_3 (from cv Turrialba 3VR) were used. NH_3 is immune, NH_{12} is hypersensitive and RH_3 is susceptible to the virus. The three lines were grown in the greenhouse and all the possible crosses were made to produce F_1 , F_2 and backcross (BC) progenies.

The extract of bean leaves infected with the virus was used as inoculum source. This inoculum was furnished by Dr. Rodrigo Gámez, virologist of the University of Costa Rica, and it was maintained in the greenhouse in the RH_3 susceptible plants.

The seedlings were inoculated 8-10 days after planting by wetting the index finger in the extract and rubbing it gently over the face of the primary leaves, which had been previously sprayed with carborundum.

The results in F_1 , F_2 and BC were visually evaluated, comparing the reactions with those exhibited by the corresponding progenitors. The χ^2 test was used to analyze the results.

It was concluded that heritability of the reactions to the virus is monogenic, governed by three alleles MRF_1 , MRF_2 and MRF_3 . The first allele confers immunity and is dominant over the other two. The second gives hypersensitivity and is dominant over the third. This one, in a homozygous stage, gives a systemic reaction. No cytoplasmic effect was found.

9. LITERATURA CITADA

1. ALI, M. A. Genetics of resistance to the common bean mosaic virus (bean virus 1) in the bean (Phaseolus vulgaris L.). *Phytopathol.* 40:69-79. 1950.
2. ANDERSON, A. L. e DOWN, E. E. Inheritance of resistance to the variant of the bean mosaic virus. *Phytopathol.* 44:481. 1954.
3. BAGGETT, J. R. The inheritance of resistance to strains of bean yellow mosaic virus in the interespecific cross Phaseolus vulgaris x P. coccineus. *Plant Dis. Rep.* 40(8): 702-707. 1956.
4. BUISHAND, T. J. The crossing of bean (Phaseolus spp.) *Euphytica* 5:41-50. 1956.
5. BURLINGTON, R. S. e MAY, D. C. Handbook of probability and statistics with tables. 2a. ed. Sandusky. 1958. pp. 41-43.
6. DICKSON, M. H. e NATTI, J. J. Inheritance of resistance of Phaseolus vulgaris to bean yellow mosaic virus. *Phytopathol.* 58:1450. 1968.
7. GAMEZ, R. Enfermedades virosas del frijol en Costa Rica. I. Mosaico rugoso. In XIV Reunión Anual. Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. Tegucigalpa, Honduras. 1968. IICA. Guatemala Pub. Misc. 67. 1968. pp. 129-131.
8. _____. Enfermedades virosas del frijol en Costa Rica. III. Moteado clorótico. In XV Reunión Anual. Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. San Salvador, 1969. IICA. Guatemala, Pub. Misc. 68. 1968. p. 29.
9. _____. Los insectos como vectores de virus del frijol en Centro América. In XVII Reunión Anual. Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios. Panamá, Panamá, 1971. Memoria 1971. p. 2.
10. _____. Los virus del frijol en Centroamérica. II. Algunas propiedades y transmisión por crisomélidos del virus del mosaico rugoso del frijol. *Turrialba* 22:249-257. 1972.

11. GUERRA, J., OSORES, A. e ECHANDI, E. Herencia de la resistencia a la raza peruana del virus del mosaico común del frijol. *Turrialba* 21:184-188. 1971.
12. HOLMES, F. O. Inheritance of ability to localize tobacco mosaic virus. *Phytopathol.* 24:894-1002. 1934.
13. _____. Inheritance of resistances to tobacco mosaic disease in tobacco. *Phytopathol.* 28:553-561. 1938.
14. MURILLO, J. I. Estudio sobre dos aislamientos virosos del frijol en Costa Rica. *In XIII Reunión Anual. Programa Cooperativo Centroamericano para el Mejoramiento de Cultivos Alimenticios.* San José, Costa Rica, 1967. Memoria 1967. pp. 52-55.
15. PARKER, M. C. Inheritance of resistance to the common mosaic virus in the bean. *J. Agr. Res.* 52:895-915. 1936.
16. PIERCE, W. H. The inheritance of resistance to common bean mosaic in field and garden beans. *Phytopathol.* 25:875-883. 1935.
17. SCHROEDER, W. T. e PROVVIDENTI, R. Resistance of bean (*Phaseolus vulgaris*) to the PV2 strain of bean yellow mosaic virus conditioned by the single dominant gene By. *Phytopathol.* 58:1710. 1968.
18. STEEL, R. G. D. e TORRIE, J. H. Principles and procedures of statistics. New York, McGraw-Hill, 1960. pp. 286-287.
19. THOMAS, H. R. e ZAUMEYER, W. J. Inheritance of symptom expression of pod mottle virus. *Phytopathol.* 40:1007-1010. 1950.
20. THOMPSON, A. E., LOWER, R. L. e THORNBERRY, H. H. Inheritance in beans of the necrotic reaction to tobacco mosaic virus. *J. Hered.* 53:89-91. 1962.
21. YARNELL, S. H. Cytogenetics of the vegetable crops. IV. Legumes. *Bot. Rev.* 31:247-330. 1965.
22. ZAUMEYER, W. R. e HARTER, L. L. Inheritance of symptom expression of bean mosaic virus 4. *J. Agr. Res.* 67:295-300. 1943.
23. _____ e THOMAS, H. R. Pod mottle a virus disease of beans. *J. Agr. Res.* 77:81-96. 1948.

A P Ê N D I C E

Quadro 1A. Reações ao VMRF nas progênies F₂ de feijão obtidas do cruzamento de PS x PH.

Família F ₂	Número de plantas inoculadas	Nº de plantas com reação do tipo		Proporção Observada	Q ²	Probabi- lidade gl = 1
		Imune	Sistêmico			
S ₁	139	102	37	2,75:1	0,1930	0,50-0,70
S ₂	133	101	32	3,15:1	0,0570	0,80-0,90
S ₃	142	105	37	2,83:1	0,0840	0,70-0,80
S ₄	157	120	37	3,24:1	0,1710	0,50-0,70
S ₅	144	109	35	3,11:1	0,0360	0,80-0,90
Total	715	537	178	3,02:1	0,0041	0,90-0,95

Proporção esperada - 3:1

Quadro 2A. Reações ao VMRF nas progênies F₂ de feijão obtidas do cruzamento de PH x PS.

Família F ₂	Número de plantas inoculadas	Nº de plantas com reação do tipo		Proporção Observada	Q ²	Probabi- lidade gl = 1
		Hipersen- sível	Sistêmi- co			
S ₁	167	125	42	2,97:1	0,0020	0,95-0,98
S ₂	138	103	35	2,94:1	0,0096	0,90-0,95
S ₃	145	112	33	3,39:1	0,3880	0,50-0,70
S ₄	191	140	51	2,74:1	0,2940	0,50-0,70
S ₅	148	112	36	3,11:1	0,0360	0,80-0,90
Total	789	592	197	3:1	0,0004	0,99-1,00

Proporção esperada - 3:1

Quadro 3A. Reações ao VMRF nas progênies F₂ de feijão obtidas do cruzamento de PS x PI.

Família F ₂	Número de plantas inoculadas	Nº de plantas com reação de tipo		Proporção Observada	Q ²	Probabilidade gl = 1
		Imune	Sistêmico			
S ₁	142	105	37	2,83:1	0,0840	0,70-0,80
S ₂	127	96	31	3,09:1	0,2340	0,50-0,70
S ₃	167	128	39	3,28:1	0,2410	0,50-0,70
S ₄	132	99	33	3,00:1	0,0000	1,0
S ₅	140	106	34	3,12:1	0,0380	0,80-0,90
Total	708	534	174	3,07:1	0,0677	0,70-0,80

Proporção esperada - 3:1

Quadro 4A. Reações ao VMRF nas progênies F₂ de feijão obtidas do cruzamento de PI x PS.

Família F ₂	Número de plantas inoculadas	Nº de plantas com reação de tipo		Proporção Observada	Q ²	Probabilidade gl = 1
		Imune	Sistêmico			
S ₁	143	107	36	2,97:1	0,0023	0,95-0,98
S ₂	147	112	35	3,20:1	0,1110	0,70-0,80
S ₃	164	124	40	3,10:1	0,0330	0,80-0,90
S ₄	152	113	39	2,89:1	0,0350	0,80-0,90
S ₅	146	109	37	2,94:1	0,0090	0,90-0,95
Total	752	565	187	3,02:1	0,0070	0,90-0,95

Proporção esperada - 3:1

Quadro 5A. Reações ao VMRF nas progênies F_2 de feijão obtidas do cruzamento de PH x PI.

Família F_2	Número de plantas inoculadas	Nº de plantas com reação de tipo		Proporção Observada	Q^2	Probabilidade $gl = 1$
		Imune	Hipersensível			
S ₁	203	159	44	3,60:1	1,1960	0,20-0,30
S ₂	128	101	27	3,74:1	1,5000	0,20-0,30
S ₃	186	144	42	3,42:1	0,5800	0,30-0,50
S ₄	148	110	38	2,89:1	0,0360	0,80-0,90
S ₅	192	147	45	3,27:1	1,7770	0,10-0,20
Total	857	661	196	3,27:1	2,3060	0,10-0,20

Proporção esperada 3:1

Quadro 6A. Reações ao VMRF nas progênies F_2 de feijão obtidas do cruzamento de PI x PH.

Família F_2	Número de plantas inoculadas	Nº de plantas com reação de tipo		Proporção Observada	Q^2	Probabilidade $gl = 1$
		Imune	Hipersensível			
S ₁	145	109	36	3,03:1	0,0023	0,95-0,98
S ₂	167	126	41	3,07:1	0,0179	0,80-0,90
S ₃	178	129	49	2,63:1	0,6060	0,30-0,50
S ₄	148	111	37	3,00:1	0,0000	1,00
S ₅	121	94	27	3,48:1	0,4653	0,30-0,50
Total	759	569	190	2,99:1	0,0004	0,99-1,00

Proporção esperada 3:1