AVALIAÇÃO DE TRÊS CICLOS DE SELEÇÃO RECORRENTE DE FAMÍLIAS S₁ PARA RESISTÊNCIA AO VÍRUS DO MOSQUEADO CLORÓTICO DO MILHO (MCMV)

TEODORO PATRICIO NARRO LEÓN
Engenheiro agrônomo

Orientador: Prof. Dr. ROLAND VENCovsky

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Genética e Melhoramento de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Dezembro - 1991

Ficha catalográfica preparada pela Seção de Livros da
Divisão de Biblioteca e Documentação - PCAP/USP

Narro León, Teodoro Patricio

N234a Avaliação de três ciclos de seleção recorrente de
famílias S1 para resistência ao vírus do mosqueado
clorótico do milho (MCMV). Piracicaba, 1991.
58p.

Diss. (Mestre) - ESALQ
Bibliografia.

1. Milho - Melhoramento 2. Milho - ~~População~~ - Se
leção 3. Milho - Variedade - Resistência à doença 4.
Mosqueado clorótico do milho - ~~Resistência~~ 5. Vírus
fitopatogênico I. Escola Superior de Agricultura Luiz
de Queiroz, Piracicaba

CDD 633.15

**AVALIAÇÃO DE TRÊS CICLOS DE SELEÇÃO RECORRENTE DE FAMÍLIAS S₁
PARA RESISTÊNCIA AO VÍRUS DO MOSQUEADO CLORÓTICO DO MILHO (MCMV)**

Teodoro Narro

Aprovada em: 17/12/1991

Comissão Julgadora:

Prof. Dr. Roland Vencovsky	ESALQ/USP
Prof. Dr. José Branco de Miranda Filho	ESALQ/USP
Dra. Irene Gatti de de Léon	ESALQ/USP

Prof. Dr. Roland Vencovsky
Orientador

*Aos meus pais AURELIO e ELCIRA
e aos meus irmãos*

OFEREÇO.

*À minha esposa TALIA
e a meu filho HENRY*

DEDICO.

AGRADECIMENTOS

- Ao Prof. Dr. ROLAND VENCOVSKY, pela orientação, apoio e incentivo;
- Ao Prof. Dr. José Branco de Miranda Filho, pela colaboração prestada;
- Ao Prof. Dr. Gerhard Bandel, pelo estímulo;
- Ao Dr. Shivaji Pandey pelo apoio recebido na especialização durante o exercício profissional;
- Ao Governo da República do Peru através do Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial (INIAA) pela Cooperação Financeira;
- Ao Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT) pelo apoio técnico e econômico;
- Aos Colegas e Técnicos do Programa de Maíz (INIAA) que participaram na execução do presente trabalho;
- Aos Professores e funcionários do Departamento de Genética, da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz".

SUMÁRIO

	Páginas
LISTA DE TABELAS.....	vi
RESUMO	ix
SUMMARY	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Importância econômica das doenças	3
2.2. Distribuição geográfica das doenças viróticas...	4
2.3. Melhoramento para resistência a doenças.....	5
2.3.1. Considerações gerais.....	5
2.3.2. Melhoramento para doenças viróticas	7
2.3.2.1. Avaliação de germoplasma	7
2.3.2.2. Seleção recorrente de famílias S ₁ ...	8
2.3.3. Melhoramento para podridão de espigas	10
3. MATERIAIS E MÉTODOS	14
3.1. Materiais	14
3.1.1. Caracterização da área de estudo	14
3.1.2. Material experimental	15
3.1.3. Seleção recorrente de famílias S ₁	18
3.1.4. Descrição das doenças viróticas estudadas...	21
3.1.4.1. "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak virus" -BCSV).....	21
3.1.4.2. "Maize chlorotic mottle virus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho).....	22
3.1.5. Técnica de inoculação	23
3.1.6. Avaliação de sintomas	23
3.1.7. Avaliação de caracteres agronômicos	24
3.2. Métodos	25
3.2.1. Transformações	25
3.2.2. Delineamento experimental e análise da variância	25

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
4.1. Complexo Peruano III	28
4.1.1. "Maize chlorotic mottle virus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho).....	28
4.1.2. Rendimento de grãos	30
4.1.3. "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV) e podridão de espigas	32
4.2. Complexo Peruano II.....	34
4.2.1. "Maize chlorotic mottle virus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho).....	35
4.2.2. Rendimento de grãos	36
4.2.3. "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV) e podridão de espigas	38
4.3. Complexo Peruano I	40
4.3.1. "Maize chlorotic mottle virus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho).....	41
4.3.2. Rendimento de grãos	42
4.3.3. "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV) e podridão de espigas	44
4.4. Considerações finais	45
5. CONCLUSÕES	50
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	52

LISTA DE TABELAS

01. Número de famílias S_1 avaliadas e selecionadas de três ciclos de seleção em três Complexos Peruanos.
02. Esquema de análise da variância por população e por localidade.
03. Esquema de análise da variância por população reunindo localidades.
04. Porcentagem de plantas com sintoma do "Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho) em três ciclos de seleção no Complexo Peruano III; Peru (1989-90).
05. Rendimento de grãos (t/ha) de três ciclos de seleção no Complexo Peruano III; Peru (1989-90).
06. Rendimento de grãos (t/ha), rendimento relativo e porcentagem de incidência em tratamentos não inoculados e inoculados com "Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho) no Complexo Peruano III; Peru (1989-90).
07. Porcentagem de plantas com sintoma de "Maize rayado fino vírus" - MRFV ("Brazilian corn streak vírus" - BCSV) em três ciclos de seleção no Complexo Peruano III; Peru (1989-90).
08. Porcentagem de espigas com podridão em três ciclos de seleção no Complexo Peruano III; Peru (1989-90).
09. Porcentagem de plantas com sintoma do "Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho) em três ciclos de seleção no Complexo Peruano II; Peru (1989-90).

10. Rendimento de grãos (t/ha) de três ciclos de seleção no Complexo Peruano II; Peru (1989-90).
11. Rendimento de grãos (t/ha), rendimento relativo e porcentagem de incidência em tratamentos não inoculados e inoculados com "Maize chlorotic mottle vírus"- MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho) no Complexo Peruano II; Peru (1989-90).
12. Porcentagem de plantas com sintoma de "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV) em três ciclos de seleção no Complexo Peruano II; Peru (1989-90).
13. Porcentagem de espigas com podridão em três ciclos de seleção no Complexo Peruano II; Peru (1989-90).
14. Porcentagem de plantas com sintoma do "Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho) em três ciclos de seleção no Complexo Peruano I; Peru (1989-90).
15. Rendimento de grãos (t/ha) de três ciclos de seleção no Complexo Peruano I; Peru (1989-90).
16. Rendimento de grãos (t/ha), rendimento relativo e porcentagem de incidência em tratamentos não inoculados e inoculados com "Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho) no Complexo Peruano I. Peru (1989-90).
17. Porcentagem de plantas com sintoma de "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV) em três ciclos de seleção no Complexo Peruano I; Peru (1989-90).
18. Porcentagem de espigas com podridão em três ciclos de seleção no Complexo Peruano I; Peru (1989-90).

19. Quadrados médios referentes ao rendimento de grãos, porcentagem de infecção por "Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho), "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV) e podridão de espigas. População de milho CPIII. Análise conjunta de localidades no Peru; (1989-90).
20. Quadrados médios referentes ao rendimento de grãos, porcentagem de infecção por "Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho), "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV) e podridão de espigas. População de milho CPII. Análise conjunta de localidades no Peru; (1989-90).
21. Quadrados médios referentes ao rendimento de grãos, porcentagem de infecção por "Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho), "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV) e podridão de espigas. População de milho CPI. Análise conjunta de localidades no Peru; (1989-90).

**AValiação DE TRÊS CICLOS DE SELEÇÃO RECORRENTE DE FAMÍLIAS S_1
PARA RESISTÊNCIA AO VÍRUS DO MOSQUEADO CLORÓTICO DO MILHO
(MCMV)**

Autor: *TEODORO PATRICIO NARRO LEÓN*

Orientador: *PROF. DR. ROLAND VENCovsky*

RESUMO

No presente estudo avaliaram-se três ciclos de seleção em populações de milho cultivadas em regiões de elevada altitude, em quatro localidades do Peru. Os ciclos foram gerados de três populações de milho denominadas Complexos Peruanos (CP). O CPI é formado por milho branco, precoce, consumido como milho verde; ("choclo"); CPII com características similares ao CPI, porém de ciclo tardio; CPIII por milho amarelo, precoce e consumido tostado ("cancha") e fubá ("chochoca"). Os diversos ciclos foram selecionados principalmente para resistência ao "Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho) através do método de seleção recorrente de famílias S_1 .

Em cada ciclo foram selecionadas as plantas com menor grau de infecção do MCMV, dentro das melhores famílias S_1 . A recombinação foi feita planta a planta (cruzamento manual).

No primeiro e segundo ciclos a seleção para MCMV foi efetuada com inoculação mecânica. No terceiro ciclo não se utilizou essa prática. Nos três ciclos, em que se selecionou também para "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV), doenças foliares e podridão de espigas, a seleção foi realizada em condições de infecção natural. Na colheita

selecionaram-se as espigas que eram provenientes das plantas menos infectadas por doenças, de famílias com bom rendimento e bom aspecto agronômico.

A seleção praticada para aumento da resistência ao MCMV produziu diferentes respostas, nos ciclos seletivos gerados em cada um dos Complexos Peruanos.

As respostas desiguais sugerem a existência de diferentes quantidades de variância genética aditiva da resistência ao MCMV, nas três populações.

Pelos progressos significativos conseguidos nas populações CPIII e CPII com aumento médio de resistência ao MCMV, de 3,1% e 2,6% por ciclo, respectivamente, fica evidenciada a eficiência da seleção recorrente baseada em famílias S_1 .

As diferentes respostas obtidas para o MCMV são indicadores de que não se pode utilizar a mesma estratégia de inoculação e seleção em diferentes materiais. Sobretudo, deve-se procurar avaliar nas populações base (C0), antes da seleção, a quantidade de variação genética disponível para a resistência ao vírus em questão.

Não se tendo encontrado significância da resposta à seleção para MRFV e podridão de espigas, deve-se reconsiderar a metodologia para avaliação destas doenças podendo-se considerar a possibilidade de utilizar inoculação artificial.

Quando a seleção incrementou a resistência ao MCMV (CPIII e CPII) também houve tendência de respostas correlacionadas favoráveis para rendimento de grãos e resistência ao MRFV. Na população CPI, em que não houve resposta da seleção para resistência ao MCMV, também não ocorreram respostas

correlacionadas favoráveis.

A alta eficiência da inoculação com MCMV mostrou ser essa uma prática necessária para se avaliar o comportamento de populações em processo de melhoramento para resistência a este vírus.

O rendimento de grãos foi afetado significativamente pelo MCMV. Estimou-se uma média de redução de 28,5 kg/ha nas três populações para cada aumento de 1% de plantas infectadas para níveis de infecção entre 28,5% a 43,1%.

Deve ser feita reavaliação do CPI para confirmar ou não os resultados nele obtidos.

EVALUATION OF THREE S_1 RECURRENT SELECTION CYCLES FOR RESISTANCE TO MAIZE CHLOROTIC MOTTLE VIRUS (MCMV)

SUMMARY

Three selection cycles of highland maize were evaluated in four locations in Peru. Selection was performed within three maize populations designated "Complejos Peruanos" (CP), being CPI: "Maíz Blanco Choclero Precoz", CPII: "Maíz Blanco Choclero Tardío" and CPIII: "Maíz Amarillo Canchero Precoz". Selection was made for Maize chlorotic mottle virus (MCMV) resistance using the S_1 progeny recurrent selection methodology. Plants showing low MCMV incidence were selected within the best S_1 progenies. Recombination was performed by intercrossing selected plants.

Mechanic MCMV inoculation was used to develop the first and second selection cycles. Natural infection of other foliar and ear diseases as well as Maize rayado fino virus (MRFV) incidence were also considered for plant selection. The best and healthiest ear coming from disease free plants belonging to the highest yielding and agronomic superior families were selected at harvest time.

The three Peruvian Composites showed different responses along the MCMV resistance selection cycles. Selection and evaluation steps were practiced in a similar way in the three populations studied (CPI, CPII and CPIII). Hence, the different responses to selection among populations indicate different amounts of additive genetic variance for MCMV resistance in each of them.

The significant selection response of 3.1% and 2.6% per cycle for MCMV resistance in CPIII, and CPII, respectively, is an indicator of the efficiency of S_1 progeny selection procedure. The different responses obtained for MCMV resistance in these populations indicates that the same inoculation and selection strategies may not be adequate for different populations. In addition it is recommendable to evaluate the genetic variability available for MCMV resistance before the initiation of the selection work.

Non significant selection response was found for MRFV and ear rot, indicating that the evaluation methodology should be reconsidered and that even the use of artificial inoculation might be necessary.

When selection increased the CPIII and CPII resistance to MCMV, correlated favourable responses were detected in other agronomic traits such as grain yield and Maize rayado fino virus (MRFV) resistance. In the other population (CPI) where no selection response to MCMV resistance was obtained, also no favourable responses for other traits were detected.

The efficiency of inoculating with MCMV has demonstrated the importance of this procedure for MCMV resistance assesment in populations undergoing genetic improvement.

MCMV affected significantly grain yield. A 28.5 kg/ha productivity decrease on the average for the three populations was found for each 1% increase in affected plants, within the observed range of infection. (28.5% to 43.1%).

A reevaluation of the CPI population seems necessary.

1. INTRODUÇÃO

O milho nas partes altas dos Andes cumpre um preponderante papel na alimentação de milhões de habitantes, principalmente da Bolívia, Equador e Peru. É consumido de várias formas, como milho verde ("choclo"), tostado ("cancha") e fubá ("chochoca").

Nos últimos anos, as pragas e doenças têm afetado significativamente a produtividade e a qualidade do produto.

As doenças produzidas por vírus: "Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho), "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV), e "corn stunt", são os que têm maior importância econômica. Quando a infecção se estabelece nos primeiros estágios de crescimento da planta, a produção de grãos pode ser nula. A forragem infectada com vírus é de má qualidade.

Uma das possibilidades de combater perdas por doenças é utilizar variedades tolerantes e/ou resistentes. A resistência genética é o melhor e mais econômico método de controle de doenças. Além do mais, pode-se incorporar outros métodos de controle integrado (RENFRO, 1985).

Métodos de seleção recorrente intrapopulacional e interpopulacional estão sendo usados para melhorar a resistência a

doenças. Usando-se seleção recorrente de progênies S_1 , tem-se obtido ganhos significativos.

A maior quantidade de pesquisas realizadas e as fontes de resistência conhecidas para as doenças antes referidas estão no germoplasma de grãos duros ("flint"). A transferência desses genes ao milho amiláceo demandaria muito tempo para recuperar algumas características, principalmente, o tipo de grãos. Por esse motivo se requer a implementação de um programa coerente para a Zona Andina para que, com as populações já existentes, provavelmente com alguns ajustes, se possa gerar germoplasma resistente a doenças economicamente importantes.

As variedades obtidas para as partes altas dos Andes, para que tenham boa aceitação pelos produtores, devem possuir bom rendimento de grãos, boa estabilidade, boa resistência a geadas, insetos e doenças.

São objetivos deste trabalho avaliar três ciclos de seleção recorrente de famílias S_1 gerados de três Complexos Peruanos (CP): CPI, CPII, CPIII e estimar a resposta da seleção em cada um dos complexos para porcentagem de infecção pelo MCMV, MRFV, produção de grãos e podridão de espigas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

Em sequência são apresentados alguns aspectos sobre as doenças de vírus e podridão das espigas que foram objeto do presente estudo.

2.1. Importância econômica das doenças

A importância das doenças do milho em alguns países do Continente Americano não tem sido bem definida. Nas últimas três décadas as doenças produzidas por vírus, micoplasmas e espiroplasmas despertaram o interesse principalmente de instituições públicas.

Nos Estados Unidos, antes de 1960, essas doenças tiveram relativamente pouca importância econômica. Após 1960, as doenças por vírus e micoplasmas ocasionaram as maiores perdas na produção de milho. Em 1965 iniciou-se um programa de melhoramento com a finalidade de selecionar para resistência a vírus e micoplasmas (FINDLEY et alii, 1981).

No Peru, nos últimos quinze anos, identificaram-se cinco doenças produzidas por vírus e uma por micoplasma-espiroplasma, infectando a maioria dos híbridos e variedades cultivadas. Em alguns casos tem-se observado associação de dois ou mais vírus, como por exemplo do MCMV com MRFV e do MRFV com "corn stunt"

(NAULT et alii, 1979; NAULT et alii, 1981). As perdas variam com a variedade ou híbrido, momento da infecção e condições ambientais, podendo ser de 100% quando a infecção se instala nos primeiros estágios de crescimento (NARRO, 1990).

No Brasil, a maioria das doenças do milho tem pouca importância econômica. Algumas podem ser devastadoras quando se cultivam variedades susceptíveis e as condições ambientais são apropriadas para a multiplicação dos patógenos (PATERNIANI, 1990). MIRANDA FILHO (1985), considera que o melhoramento para resistência a doenças é importante porque o comportamento previsto de um determinado cultivar pode ser afetado pelo ataque de uma doença em condições ambientais favoráveis.

Os vírus são considerados como os mais complexos e economicamente importantes agentes causais de doenças do milho em todo o mundo (KIM et alii, 1988).

2.2. Distribuição geográfica das doenças viróticas

O MCMV foi observado no Peru (CASTILLO & HERBERT 1974; NAULT et alii, 1979; NAULT et alii, 1981); no Brasil (GORDON, citado por UYEMOTO, 1983); nos Estados Unidos (UYEMOTO, 1983). O MCMV foi descoberto em associação com "maize dwarf mosaic virus" (MDMV) ou "wheat streak mosaic virus" (WSMV), causando necrose letal do milho (NIBLETT & CLAFIN, 1978); na Argentina (TEYSSANDIER et alii, 1983) e no México (GORDON et alii, 1983).

No Peru, inicialmente o MCMV foi relatado nos vales da Costa Central infectando milho duro ("flint") CASTILLO & HERBERT (1974). Nos últimos anos foi observado em regiões de elevada altitude infectando diferentes tipos de milho cultivados altitude

de 2.800 m. (NAULT et alii, 1979). É provável que atualmente, o MCMV esteja distribuído em outros países latinoamericanos.

O MRFV aparece na América Central, México, Estados Unidos e vários países da América do Sul, destacando-se o Peru, Uruguai, Brasil e Colômbia. Provavelmente, também está em países do Caribe e em outros países da América do Sul (GAMEZ, 1980 a). O MRFV tem sido observado em uma faixa de altitude entre 0-3.000 m. (GAMEZ, 1980 b).

O MRFV foi identificado no Equador infectando variedades de milho de polinização livre cultivadas de 2.000 a 2.500 m de altitude (BRADFUTE, 1985).

A podridão de espigas por *Fusarium moniliforme* é considerada como uma doença cosmopolita (DE LEON, 1984). Na Zona Andina tem-se observado principalmente no Peru e Equador.

2.3. Melhoramento para resistência a doenças

2.3.1. Considerações gerais

O primeiro a usar o termo seleção recorrente foi HULL (1945). Seleção recorrente inclui métodos de melhoramento intrapopulacional e interpopulacional (MOLL & STUBER 1974). Seleção recorrente envolvendo famílias consiste no desenvolvimento de progênies, na avaliação de progênies e na recombinação de genótipos selecionados. A efetividade da seleção recorrente depende da variabilidade genética, das frequências alélicas da população original e da herdabilidade das características sob seleção (HALLAUER & MIRANDA FILHO, 1988).

Os métodos de melhoramento, para obter resistência a doenças em milho, são similares aos métodos utilizados para melhoramento de rendimento, exceção feita à necessidade que se tem de considerar não só a variabilidade genética do milho como também a plasticidade do agente causal (RENFRO, 1985).

A eficiência do melhoramento para resistência a doenças viróticas pode ser incrementada com uma efetiva seleção de plantas resistentes, dentro de progênies, expostas a altos níveis de inóculo constituído por todos os vírus e raças da área onde se está realizando o estudo (FINDLEY et alii, 1981).

O melhoramento de populações para resistência a doenças viróticas tem sido desenvolvido usando-se métodos de seleção recorrente. A resistência a doenças viróticas parece ser herdada, principalmente, como uma característica dominante ou parcialmente dominante (FINDLEY et alii, 1981).

SCOTT (1983), estudando a ação gênica relacionada com a resistência a doenças viróticas, conclui que a ação aditiva é mais importante que a não aditiva, e que, portanto, a seleção recorrente pode ser um método efetivo de melhoramento.

Alguns trabalhos têm focalizado o estudo da genética da resistência à podridão da espiga. SCOTT & KING (1984) supõe que a resistência ao *Fusarium moniliforme* está condicionada por um gene. Considerando o genótipo do pericárpio, endosperma e embrião dos progenitores (resistente e susceptível), F1, F2, cruzamentos recíprocos e gerações de retrocruzamento, detectou que o lugar da ação de genes para resistência está no pericárpio, porque as gerações produzidas de progenitor susceptível foram mais susceptíveis que outras gerações. Os autores acreditam que a resistência à infecção é dominante. Assim, os genótipos do

endosperma, embrião e citoplasma têm pouco ou nenhum efeito sobre a porcentagem de grãos infectados por *F. moniliforme*.

BOLING & GROGAN (1965), usando a fórmula de S. Wright, estimaram que aproximadamente 1,5 genes são responsáveis pela reação de resistência a *Fusarium moniliforme*. Estimaram em 0,5 o valor de dominância. A ação genética aditiva, dominante e aditiva x dominante foram importantes na herança da resistência. Os autores consideraram que um esquema de seleção recorrente recíproca pode ser o melhor método para transferir genes de resistência.

2.3.2. Melhoramento para doenças viróticas

2.3.2.1. Avaliação de germoplasma

MARTINEZ-LOPEZ (1976) avaliou 159 cultivares de milho de elevada altitude em uma área de alta infecção natural de MRFV. Os resultados obtidos indicaram que todos os cultivares avaliados foram susceptíveis ao vírus; cinco materiais apresentaram menor porcentagem de infecção que a testemunha.

LOGROMO et alii (1987) avaliaram 100 linhagens de milho tropical de alta capacidade combinatória para reação a sete doenças viróticas e insetos. Também avaliaram o rendimento e outras características agronômicas. Concluíram que 49% das linhagens mostraram resistência a "maize dwarf mosaic vírus", raça A (MDMV-A); 42% a "maize mosaic vírus" (MMV); 33% a "maize dwarf mosaic vírus", raça S (MDMV-S); 23% ao "corn stunt" e 17% a "maize stripe vírus" (MStpV). As famílias resistentes foram usadas visando formar sintéticos para cada vírus listados.

TOLER et alii (1985) avaliaram 58 entradas de milho para sensibilidade ao MRFV, com infecção de *Dalmanella maidis* (DeLong & Wolcott). Com base na porcentagem de infecção e expressão do sintoma, todo o germoplasma testado foi susceptível. Identificaram-se quatro grupos de susceptibilidade: sete tratamentos foram moderadamente susceptíveis, 17 medianamente susceptíveis, 13 susceptíveis e 21 altamente susceptíveis. Concluíram que, no germoplasma avaliado, não existe um aceitável nível de resistência e que há um alto grau de vulnerabilidade ao MRFV no germoplasma de milho Norte Americano. Os autores acreditam que se pode aumentar o nível de resistência cruzando-se materiais moderadamente susceptíveis e selecionando-se indivíduos menos infectados pelo vírus.

2.3.2.2. Seleção recorrente de famílias S_1

O método de seleção recorrente de famílias S_1 foi usado para melhorar a resistência a doenças (FINDLEY et alii, 1976; FINDLEY et alii, 1981; FINDLEY et alii, 1985; FAJEMISIN et alii, 1985; NARRO, 1990; EFRON et alii, 1989).

O método de avaliação de famílias S_1 tem a vantagem do completo controle dos progenitores. Isto quer dizer que não há interferência ou mascaramento pelo testador. Essa é uma vantagem, uma vez que a natureza da resistência das doenças é dominante ou de ação gênica aditiva. Por autofecundação, uma alta frequência de genes deletéreos recessivos para susceptibilidade são mostrados fenotipicamente podendo serem eliminados da população. Com famílias S_1 , além disso, obtém-se uma ampla separação das médias das famílias. É um rápido caminho para aumentar a frequência de genes de resistência, permitindo explorar eficientemente a variância genética aditiva. A principal deficiência do método é o

efeito da endogamia, pois o vigor das plantas têm uma forte influência sobre o desenvolvimento de certas doenças (RENFRO, 1985).

FINDLEY et alii (1976) avaliaram três ciclos de seleção em dois sintéticos de milho. Na população Oh(MDM)S₁, os ciclos foram de irmãos germanos com autofecundação das plantas menos infectadas por vírus. O ciclo 1 (C1) de Oh(MDM)S₂, foi de quatro gerações de plantas selecionadas de irmãos germanos. Os ciclos 2 (C2) e ciclo 3 (C3) foram obtidos de irmãos germanos de plantas autofecundadas menos infectadas pelo vírus. A seleção em Oh(MDM)S₁ foi mais consistente para "maize chlorotic dwarf vírus" (MCDV), resultando 74% de plantas infectadas em C0 e 43% em C3. Com três ciclos a porcentagem de plantas saudas aumentou de 18% para 30%. Obteve-se um progresso menor para resistência a "maize dwarf mosaic vírus" (MDMV), de 36% em C0 para 34% em C3. O progresso da seleção em Oh(MDM)S₂ foi significativo para MCDV, sendo que a infecção de 60% em C0 baixou a 26% em C3. A porcentagem de plantas saudas aumentou de 28% para 54%. O progresso para MDMV foi consistente, porém lento, com 22% de plantas infectadas em C0 e 10% em C3.

FINDLEY et alii (1985) avaliaram o progresso de quatro ciclos de seleção para resistência a MDMV e MCDV em dois sintéticos de milho. Em OhS₁, a porcentagem de plantas com MDMV baixou de 39,0% para 14,4% e para MCDV de 67,5% para 35,1%, de C0 a C4 respectivamente. No sintético OhS₂, a porcentagem de plantas infectadas com MDMV baixou de 37,4% para 15,7% e em relação a MCDV, de 59,6% para 56,5%, nos ciclos C0 e C4, respectivamente.

NARRO (1990) avaliou dois ciclos de seleção recorrente de famílias S₁, para resistência ao MCMV, em três populações de milho cultivadas em regiões de elevada altitude. Com base numa

escala de cinco graus (1: resistente e 5: susceptível), obteve um ganho médio de 0,2 graus por ciclo. Para rendimento de grãos, floração masculina, floração feminina, altura de planta, altura de espiga, os progressos médios por ciclo foram respectivamente: 319 kg; -2.2 dias, 2.4 dias; 9,3 cms. e 6,5 cms.

EFRON et alii (1989) aplicaram o método de seleção recorrente de famílias S_1 , para melhorar a resistência da população La Posta (Pob. 43), para "maize streak virus" (MSV). Com sete ciclos de seleção a percentagem de plantas com sintoma baixou de 69.1% no ciclo 4 para 0,0% no ciclo 7. O rendimento incrementou de 3,02 para 4,60 t/ha., em sete ciclos de seleção.

A literatura disponível referente à seleção para resistência a doenças viróticas de milho é muito limitada. A maior parte está relacionada com a identificação do vírus que ocasiona a doença, distribuição geográfica e quantificação das perdas.

2.3.3. Melhoramento para podridão de espigas

PEREA (1978) avaliou quatro grupos de cultivares de milho, para resistência a *Fusarium moniliforme*. Com base numa escala de sete graus identificaram-se seis cultivares resistentes (Antigua Grupo 2, Ipaeco HV-53, Piracar I, Cargill 111, Agrocere 256 e Composto Dentado Branco) e seis cultivares susceptíveis. Não encontrou associação consistente da resistência da podridão da espiga por *Fusarium moniliforme* e *Diplodia maydis*.

KING & SCOTT (1981) avaliaram a infecção de grãos de milho por *Fusarium moniliforme* em 84 híbridos comerciais, seis linhagens (três resistentes e três susceptíveis) e 15 cruzamentos

provenientes das seis linhagens. Os híbridos apresentaram uma considerável amplitude de variação sendo observados níveis de infecção entre 5% até 89%. Os híbridos Coker 77 e Dekalb XL 395 foram os menos afetados pelo fungo. A porcentagem de infecção variou conforme o ano de avaliação, assim, por exemplo, Pioneer 3145 a porcentagem de infecção foi elevada em um ano (58%) e moderada em outro (19%).

As linhagens foram mais infectadas que seus respectivos híbridos. A porcentagem de infecção das linhagens variou de 20% a 89%, enquanto que para os híbridos essa variação foi de 5% a 65%. Foram obtidos híbridos com linhagens de diferentes níveis de resistência, assim os híbridos de linhagens resistentes apresentaram em média 11% de infecção, híbridos de linhagens susceptíveis 50% de infecção e os híbridos entre linhagens resistentes e susceptíveis 33% de infecção.

KIM et alii (1988) avaliaram 28 linhagens para resistência a *Fusarium* sp com inoculação artificial, utilizando-se uma escala de seis graus (1: espigas sem grãos podres e 6: espigas com mais de 150 grãos podres). Foram obtidas diferenças significativas entre as linhagens para reação ao fungo, a linhagem Pop. 28 x SR apresentou a menor porcentagem de infecção de *Fusarium* sp

HOLLEY et alii (1989) avaliaram híbridos comerciais e outros de origem tropical para resistência a colonização do grão por *Fusarium moniliforme*. As raças Coastal Tropical Flint, Cuban Flint, Tuson, Cateto e Tuxpeño, foram utilizadas na síntese dos híbridos tropicais. Foram detectadas diferenças significativas entre híbridos para resistência ao *F. moniliforme*. O híbrido B73 x Mo17 foi o mais susceptível. Em geral os híbridos comerciais foram mais susceptíveis com exceção de Pioneer 3055 e 3369A.

Os autores concluíram que a ampla utilização de híbridos provenientes de B73 x Mo17 podem ter contribuído para o aumento da susceptibilidade; sugeriram, também, a utilização do germoplasma tropical como fonte de resistência para este patógeno.

HEADRICK & PATAKY (1989) avaliaram linhagens de milho doce inoculados e não inoculados com *Fusarium moniliforme* para porcentagem de infecção sintomática (grãos mostrando sinais ou sintomas do fungo), porcentagem de infecção assintomática e porcentagem de emergência. Foi constatada uma grande variação para porcentagem de infecção sintomática e assintomática. A linhagem IL125b apresentou a menor porcentagem de infecção sintomática (0,3%) e MA83608b foi a mais infectada (55,7%). A linhagem IL781a apresentou a menor porcentagem de infecção assintomática (3,3%) e MA83608b o mais alto valor (79%). As porcentagens de infecção sintomática e assintomática, de espigas inoculadas e não inoculadas, foram significativas e positivamente correlacionadas com o genótipo das linhagens e com o ambiente. A emergência de grãos provenientes de espigas inoculadas foi menor que as provenientes de espigas não inoculadas, independentemente do nível de infecção. A inoculação não afetou a emergência da maioria das linhagens resistentes. A relação entre emergência e porcentagem de infecção sintomática foi significativa, negativa e consistente entre anos e épocas de plantio.

Identificaram-se linhagens com boa emergência e com resistência parcial à infecção por *F. moniliforme*, as linhagens IL781a, IL125b e IL773a, apresentaram os níveis mais baixos de infecção sintomática e assintomática.

DE LEÓN & PANDEY (1989) avaliaram diferentes ciclos de seleção espiga por fileira modificado em oito "pools" de milho tropical, melhorados para resistência às podridões do colmo e da

espiga por *Fusarium moniliforme* (Sheldon) e cinco características agronômicas. A seleção foi feita com inoculação artificial, usando-se uma escala de cinco graus (1: pouca ou nenhuma infecção e 5: 100% de infecção). O progresso de seleção por ciclo foi de 2,5%, 0,15%, 0,35%, 1,66% e 0,90%, para rendimento de grãos, dias para floração masculina, altura de planta, resistência à podridão de colmo e podridão de espiga, respectivamente.

3. MATERIAIS E MÉTODOS

3.1. Materiais

3.1.1. Caracterização da área de estudo

O presente estudo foi conduzido em quatro localidades do Peru, três no Departamento de Cajamarca e uma em Carhuáz. Nestas localidades, a cultura do milho amiláceo tem importância econômica e social, observando-se todavia danos significativos de doenças, principalmente viróticas.

1. Cajamarca (Baños del Inca): os experimentos foram instalados na Estação Experimental Agrícola e Florestal Baños del Inca (EEA e FBI), localizada a 7°10' de latitude sul, 78°28' de longitude oeste, altitude de 2.660 m. As médias de precipitação pluviométrica, temperaturas máxima e mínima durante o período vegetativo da cultura foram de 555 mm, 22 e 9°C respectivamente.

A data do plantio foi 16.10.90. A adubação utilizada foi de acordo com a fórmula 80-40 (N e P_2O_5), sendo o nitrogênio fracionado (1/3 no plantio e 2/3 em cobertura). Fizeram-se as irrigações de acordo com a necessidade. No mês de dezembro registraram-se quedas de temperatura durante 14 dias. No dia 06 a temperatura foi de -8,2°C, provocando danos nas folhas apicais, com a morte de poucas plantas. As parcelas foram desbastadas deixando-se uma população equivalente a 50.000 plantas/ha. As colheitas foram realizadas nos dias 05.04, 17.04 e 17.05.91.

2. Cajabamba: Os experimentos foram instalados na Estação Experimental de Cajabamba, 07°37' de latitude sul, 78°02' de longitude oeste, altitude de 2.650 m. As médias de precipitação, temperaturas máxima e mínima durante o ano de 1990 foram de 1100 mm; 22,0 e 9,5°C respectivamente. A data de plantio foi 13.11.90. Os tratos culturais foram similares aos praticados em Bãnos del Inca. Realizou-se a colheita em 02.05.91.

3. Contumazá: Os experimentos foram instalados em campos de agricultor (altitude de 2.600 m). Os tratos culturais foram similares aos das localidades anteriores. A data de plantio foi 02.02.91 e a colheita realizada em 30.07.91.

4. Carhuáz: O experimento foi conduzido na Estação Experimental Tingua-Carhuáz, sendo os tratos culturais similares aos das localidades anteriores. As datas de plantio e colheita foram 01.08.90 e 05.03.91 respectivamente.

3.1.2. Material experimental

O material genético utilizado no presente estudo está constituído por três populações denominados de Complexos Peruanos (CP) do programa de milho do Instituto Nacional de Investigação Agrícola e Agroindustrial do Peru (INIAA), os quais vinham sendo melhorados durante seis ciclos de seleção entre e dentro de famílias de meios irmãos, sendo o rendimento de grãos o principal critério de seleção. Também a precocidade, a alturas de planta e espiga, e o ataque da espiga por fungos e *Heliothis zea* foram observados.

Os CP são "pools" de genes, de forma genérica, formados de germoplasmas do milho cultivado em regiões de elevada altitude,

oriundos principalmente do México, Equador, Bolívia e Peru.

Complexo Peruano I (CPI): formado por milhos precoces, com grãos amiláceos de cor branca, com 90 dias de floração feminina, 188 cm e 93 cm de alturas de planta e da espiga respectivamente, 10-14 fileiras de grãos de tamanho médio, adaptando-se a uma faixa de altitude entre 2.600 a 3.000 m.

Complexo Peruano II (CPII): formado de milhos com período vegetativo tardio com 105 dias de floração feminina, 193 e 100 cm de alturas de planta e da espiga respectivamente, 8-10 fileiras de grãos grandes amiláceos de cor branca, adaptando-se à altitude entre 2.600 a 2.800 m.

Esses dois grupos anteriormente citados são utilizados para serem consumidos principalmente como milho verde ("choclo").

Complexo Peruano III (CPIII): formado por milhos precoces; com 91 dias de floração feminina, 188 cm de altura de planta e 99 cm de altura de espiga, 10-14 fileiras de grãos amarelos amiláceos. Consumido principalmente tostado ("cancha") e como fubá ("cochoca"). Adaptou-se à altitude entre 2.600 - 2.900 m.

A seguir está descrito o germoplasma mais importante que entrou na formação de cada um dos CP. (SEMINÁRIO COSECHA DE MAICES DE ALTURA, 1990).

Complejo Peruano I

Pool3; Pool8; Planta Corta Precoz x Capio; Pool Andino I; Blanco Normal (36); Compuesto Cacahuazintle; Compuesto Choclero Precoz; Blanco Amiláceo Precoz; Carhuáz 74-162#; Maíz Pintado; Blanco Común; C.R. Cuzco I; C.R. Cuzco III; Ayacucho 17; Sintético Pardo x San Gerónimo; C.R. San Gerónimo; Olmos; C.R. Cuzco II;

C.R. Huancavelicano ; C.R.S.G. Huancavelicano II; C.R.S.G. I - II Pool; Planta Corta Precoz x Morocho Carhuáz; San Gerónimo; PMT-631; Maíz Común; Compuesto Peruano I-Molina; Pool Andino; Sintético B.U x Cabana; Maíz Pintado; Maíz Tercipelo; Maíz Negro; Planta Corta Precoz, Blanco Imperial x Shajatu Prec.; Gpo. F; Ayacucho 1-7; Tipo Pachia 1-5; Huanca Huanca 1-2.

Complejo Peruano II

Blanco Imperial; V.181 Blanco Imperial; Compuesto Imperial V216; Blanco Imperial Resistente a Hielo; Blanco Común Yanamarca; Blanco Imperial Condormarca; PMC-568; C118 Chota; Compuesto Chalero; Cajamarca 8-Colecciones; V-193; PMC-568; Carhuáz-Colecciones; Blanco Urubamba; PMC-561; Compuesto I; Opaco Colombiano; Opaco Mal Paso; Opaco Huascarán; Pool Blanco Choclero; C.R. Cuzco I; B.U. x Opaco; Compuesto Choclero Precoz; C.R. Cuzco Gigante; Sintético Choclero I; Bambachot Blanco; Puebla Compuesto O₂; Har. Precoz Sel x Grano Grande; Har. Precoz-Sel Batan; Compuesto Grano Grande x Perú Gpo. 102-502; CIMMYT Opaco 2 x C.G. Conv.; Hyb. 1033B Salinas Calif.; Maíz Pintado Grano Grande x O₂ Pool Libre; CIMMYT Opaco 2 x Am. Ancash. Conv. Frat.; Blanco Morocho; Blanco Imperial Cuñacales; Blanco Imperial Pampa Grande; Peruanito; Capiro Blanco; Maíz Común Cajabamba; Maíz Común Parinacocha; Compuesto Huánuco; Compuesto I Mexicano.

Complejo Peruano III

Compuesto Amarillo Harinoso; Planta Corta Precoz (PCP) x San Gerónimo; Planta Corta Precoz x Cuzco Gigante; Pachia PL-Pachia Pool 4 x San Gerónimo; Compuesto Terciopelo; Piscorunto; C.R. Huayleño; H.S. Amarillo Precoz; Amarillo de Invierno; C. R. Granada; C. R. Piscorunto I; C. R. Ancashino; PMT-631; C. R. Paro; Compuesto Canchero Rojo; Planta Corta Precoz Amar. x Capiro Perú; Pachia PL-Pachia Pool 4 x San Gerónimo; Planta Corta Precoz x San Gerónimo; Planta Corta UNCAC Pool 4 x Rabo de Zorro (1); Complejo

Peruano III (La Molina); Pool Andino 3; Pool Andino 6; C. R. Sabanero; Compuesto Am. Ancashino; PMS-635; C. R. Piscorunto #; Cacahuazintle x Gaspe; Amarillo Común Contumazá.

3.1.3. Seleção recorrente de famílias S₁

Durante a safra agrícola 1984-85 iniciou-se o programa de melhoramento na EEA e FBI-Cajamarca com a finalidade de selecionar principalmente para resistência ao "Maize chlorotic mottle virus"-MCMV (vírus de mosqueado clorótico do milho). Em ciclos posteriores selecionou-se para "Maize rayado fino virus"-MRFV ("Brazilian corn streak virus"-BCSV), *Xanthomonas turcicum*, *Puccinia Sorghi*, *Cercospora zeae* e podridão da espiga (*Fusarium moniliforme* e *Heliothis zeae*). Também avaliaram-se o rendimento, o florescimento, as alturas da planta e da espiga.

Para MCMV, efetuou-se a inoculação mecânica do vírus. Na avaliação para MRFV, escolheram-se ambientes com alta incidência de *Dalbulus maidis*, inseto transmissor do vírus. Para as outras doenças a seleção foi realizada em ambiente com infecção natural.

As famílias geradas foram avaliadas em três localidades, em parcelas constituídas por um sulco com 22 plantas sem repetições. Com base na informação obtida nas localidades, recombinaaram-se as melhores famílias em Cajamarca.

As etapas do programa de melhoramento podem ser resumidos como segue:

1984-85: Avaliação de famílias de meios irmãos e autofecundação das menos afetadas pelo MCMV, em cada um dos CP, utilizando-se as 4-5 plantas melhores. Quando a família

apresentava pouca infecção pelo vírus, autofecundou-se maior número de plantas. Durante o período vegetativo, efetuaram-se duas avaliações para MCMV, MRFV, e uma para os fungos foliares antes referidos. Durante a colheita avaliou-se a podridão da espiga. As famílias menos afetadas por doenças e de maior rendimento, foram selecionadas para serem plantadas na próxima safra.

1985-86: Avaliação de famílias S_1 e recombinação das melhores plantas de famílias resistentes ao MCMV. A recombinação foi feita planta a planta. Na colheita selecionou-se por tipo de grão e sanidade de espigas. Foram identificadas as espigas por seu progenitor macho e fêmea. Dois anos foram necessários para completar um ciclo.

1986-87: Autofecundação das melhores plantas das famílias de irmãos germanos, provenientes do ciclo anterior. No CP II foram adicionadas famílias com bom tipo de grão e com resistência a *Fusarium moniliforme* e ao CP III, famílias de bom tipo de grão e resistentes ao MRFV.

1987-88: Avaliação de famílias S_1 e recombinação das melhores plantas de cada família com resistência ao MCMV. A recombinação foi feita de forma similiar ao ciclo anterior. Completou-se dessa forma o segundo ciclo de seleção.

1988-89: Autofecundação das melhores famílias de irmãos germanos, geradas do ciclo anterior. Ao CPI adicionaram-se famílias de bom tipo de grão e resistentes a *Exserchilum turcicum*.

1989-90: Avaliação de famílias S_1 e recombinação de plantas de bom aspecto agrônômico. Devido à geada que ocorreu quando as plantas estavam com 4-5 folhas estendidas, não foi possível

fazer inoculação do MCMV. O rendimento de grãos foi o principal critério de seleção durante esta safra agrícola. O número de famílias avaliadas e selecionadas em cada ciclo está descrito na Tabela 1.

Tabela 1. Número de famílias S_1 avaliadas e selecionadas de três ciclos de seleção em três Complexos Peruanos.

Complexos Peruanos (CP)	Ciclos de seleção	Número de famílias		Porcentagem de seleção
		avaliadas	selecionadas	
CP I	C0	243	194	79,8
	C1	194	71	36,6
	C2	164	21	12,8
	C3	142	71	50,0
CP II	C0	56	30	53,6
	C1	30	12	40,0
	C2	94	8	8,5
	C3	61	19	31,1
CP III	C0	180	87	48,3
	C1	87	20	23,0
	C2	104	11	10,6
	C3	167	-*	

(*): Não foi possível obter informação sobre o número de famílias selecionados na safra agrícola 1988-89.

3.1.4. Descrição das doenças viróticas estudadas

3.1.4.1. "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV).

Os sintomas do MRFV consistem em pequenas manchas cloróticas que se desenvolvem na base e ao longo das nervuras das folhas jovens. As manchas se tornam mais numerosas nas folhas apicais e podem fundir-se ocasionando um rayado clorótico típico da enfermidade. O aparecimento dos primeiros sintomas ocorre, aproximadamente, de 8 a 14 dias após a infecção (GAMEZ, 1979).

É um vírus de ácido ribonucleico pequeno, contendo partículas isométricas com 31 m μ de diâmetro. O "Maize rayado colombiano vírus" e "Brazilian corn streak vírus" apresentam a maioria de suas propriedades semelhantes ao do "Maize rayado fino vírus", porém sorologicamente diferenciáveis pela formação de protuberâncias na prova de dupla difusão em ágar (GAMEZ, 1980 a).

O vírus do rayado fino nos trópicos é transmitido por *Dalbulus maidis* (GAMEZ, 1979). Nos Estados Unidos *D. maidis*, *Pirellus bicolor* e *Eraminella nigripennis* mostraram transmitir o vírus em condições experimentais (NAULT et alii, 1980). O vírus não é transmitido mecanicamente ou pela semente de plantas infectadas (GAMEZ, 1979).

O vírus se multiplica no inseto vetor. Os insetos transmitem o vírus depois de um período de incubação de 8-37 dias de duração a 20-25°C. A infectividade é mantida de 1 a 20 dias, porém a transmissão pela maioria dos indivíduos é intermitente e sua eficiência decresce com o tempo. O vírus, porém, pode ser recuperado dos insetos que perderam sua habilidade de transmitir. *D. maidis* é capaz de transmitir simultaneamente o vírus do rayado

fino e "corn stunt" (GAMEZ, 1979).

O MRFV parece ser restrito para gramíneas. Tem sido encontrado em milho, hospedeiro natural mais importante e teosinte (GAMEZ, 1980 a).

3.1.4.2. "Maize chlorotic mottle virus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho)

Os sintomas do MCMV são observados em formas de finas estrias cloróticas paralelas às nervuras. Estas estrias podem-se juntar formando manchas cloróticas de maior extensão de forma alargada, podendo cobrir as nervuras. As manchas cloróticas e as áreas verdes produzem um mosaico bem definido onde predomina a cor amarela. Posteriormente aparecem manchas necróticas sobre as cloróticas e finalmente ocorre a morte da folha. As inflorescências masculinas apresentam raquis curtos, eretos e duros, com escassas espiguetas. As espigas produzidas apresentam falhas na formação de grãos, podendo chegar a uma total esterilidade (CASTILIO & HEBERT, 1974).

Quando se efetua a inoculação, os sintomas aparecem em 9 - 15 dias. É transmitido por seis espécies de diabróticas da família chrysomelidae (*Oulema melanopa*, *Chaetocnema pulicaria*, *Systema frontalis*, *Diabrotica undecimpunctata*, *D. longicornis* e *D. virgifera*). Larvas e adultos de *O. melanopa* são vetores e os adultos transmitem o vírus seis dias após a aquisição (NAULT et alii, 1978).

As partículas do vírus possuem forma icosaédrica de 30 mμ de diâmetro (LOMMEL et alii, 1991).

JENSEN et alii, (1991), observaram transmissão do vírus através da semente, em uma amostra obtida de 25 lotes de sementes.

3.1.5. Técnica de inoculação

O inóculo foi obtido de campos de agricultores. Para extrair o MCMV, moeram-se folhas com sintoma, separou-se o extrato contendo o vírus com ajuda de um filtro.

A inoculação foi feita em duas a três folhas apicais, fazendo-se o possível para que a mesma fosse realizada no momento em que a maioria das plantas se encontrassem no estágio de crescimento de 6-8 folhas estendidas. As folhas a serem inoculadas foram lavadas em água de torneira, adicionando-se carborundum em uma quantidade tal que cobrisse a superfície das três folhas. Com cotonete embebido em inóculo efetuou-se a inoculação, raspando-se suavemente a superfície das folhas. Finalmente lavou-se a área inoculada utilizando-se água de torneira.

3.1.6. Avaliação de sintomas

"Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho): Efetuaram-se duas avaliações da incidência do vírus em cada um dos ciclos de seleção. A primeira, imediatamente antes da inoculação do MCMV quando as plantas estavam com 6-8 folhas estendidas, e a segunda no estágio de grãos leitosos.

"Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV): Foram feitas duas avaliações simultaneamente ao

MCMV. Avaliou-se a incidência de plantas com sintoma do vírus.

Para o MCMV e MRFV o grau de incidência foi avaliado bem como a porcentagem de plantas infectadas com sintomas de cada um dos vírus em cada uma das parcelas.

Podridão da Espiga: Por ocasião da colheita avaliou-se o número de espigas infectadas por parcela com sintoma de *Fusarium moniliforme* e *Heliothis zea*.

3.1.7. Avaliação de caracteres agronômicos

Estande: Número total de plantas por parcela, avaliado imediatamente antes da colheita.

Florescimento feminino: Dias transcorridos do plantio até que 50% das plantas tivessem emitido estigmas.

Altura de Planta: Efetuado imediatamente antes da colheita. Mediu-se a distância da superfície do solo até a inserção da folha bandeira.

Altura de espiga: Tomada simultaneamente por ocasião da medida da altura da planta. Mediu-se a distância entre a superfície do solo até a inserção da espiga principal.

Rendimento: Avaliou-se o peso de espigas por parcela.

3.2. Métodos

3.2.1. Transformações

O rendimento de espigas por parcela foram transformados para toneladas/ha, corrigindo-se por porcentagem de desgrane e a 14% de umidade.

A porcentagem de plantas com MCMV, MRFV, e espigas com podridão foram transformadas a valores de arco seno, segundo STEEL & TORRIE (1985).

3.2.2. Delineamento experimental e análise da variância

Usou-se um delineamento de blocos ao acaso com parcelas subdivididas, e quatro repetições por local. Nas parcelas foram distribuídos os ciclos de seleção e nas sub-parcelas, dois níveis de inoculação (parcelas inoculadas com MCMV e não inoculadas). As repetições foram consideradas como de efeitos aleatórios; ciclos e níveis de inoculação como de efeitos fixos. Cada Complexo Peruano, contendo os quatro ciclos seletivos, foi avaliado em experimento separado. Utilizaram-se quatro localidades de avaliação (Cajamarca, Cajabamba, Carhuáz e Contumazá).

Na análises da variância, foram consideradas unicamente a segunda avaliação do MCMV e MRFV; podridão de espigas por *Fusarium* e rendimento de grãos. Não se efetuaram análises para a primeira avaliação de MCMV e MRFV, floração feminina e alturas de planta e espiga, porque as diferenças entre ciclos foram muito pequenas para detectar diferenças significativas.

Para cada característica, os dados foram submetidos a

análise da variância por local, conforme esquema dado na Tabela 2. Em seguida, foi realizada análise conjunta, reunindo-se os dados dos locais, em cada população segundo VENCovsky & BARRIGA como exposto na Tabela 3.

Para avaliar o efeito da seleção sobre os diferentes caracteres, a soma de quadrados referente a ciclos foi desdobrada nos efeitos linear, quadrático e desvio, por meio de polinômios ortogonais (GOMES, 1990). A resposta à seleção foi estimada por meio de coeficiente linear de regressão (b), tomando-se como variável dependente os dados médios de um caráter em cada ciclo e como variável independente os ciclos ($x = 0, 1, 2$ e 3), (GOMES, 1990).

Tabela 2. Esquema de análise da variância por população e por localidade.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
Blocos (B)	$r-1$	S_B	Q_B	...
Ciclos(C)	$c-1$	S_C	Q_C	Q_C/Q_{Ea}
Linear (L)	1	S_L	Q_L	Q_L/Q_{Ea}
Quadrático(Q)	1	S_Q	Q_Q	Q_Q/Q_{Ea}
Desvios(D)	$c-3$	S_D	Q_D	Q_D/Q_{Ea}
Erro a	$(r-1)(c-1)$	S_{Ea}	Q_{Ea}	...
Níveis(N)	$(n-1)$	S_N	Q_N	Q_N/Q_{Eb}
C x N	$(c-1)(n-1)$	S_{CN}	Q_{CN}	Q_{CN}/Q_{Eb}
Erro b	$c(r-1)(n-1)$	S_{Eb}	Q_{Eb}	...

Os principais efeitos do modelo subjacente das análises foram considerados como fixos (locais, ciclos e níveis), tomando-se como aleatórios somente os efeitos de blocos e, evidentemente, os erros experimentais.

Tabela 3. Esquema de análise da variância por população reunindo localidades.

Causa de variação	GL	SQ	QM	F
Repetições/ localidades	$e(r-1)$	SR/L	QR/L	
Localidades(E)	$e-1$	SE	QE	QE/QR/L
Ciclos (C)	$c-1$	Sc	QC	QC/QEa
Linear (L)	1	SL	QL	QL/QEa
Quadrático(Q)	1	SQ	QQ	QQ/QEa
Desvios(D)	$c-3$	SD	QD	QD/QEa
E x C	$(e-1)(c-1)$	SEC	QEC	QEC/QEa
Erro a/ localidades	$e(r-1)(c-1)$	SEa	QEa	
Níveis (N)	$n-1$	SN	QN	QN/QEb
N x E	$(n-1)(e-1)$	SNE	QNE	QNE/QEb
N x C	$(n-1)(c-1)$	SNC	QNC	QNC/QEb
N x E x C	$(n-1)(e-1)(c-1)$	SNEC	QNEC	QNEC/QEb
Erro b/ localidades	$ec(r-1)(n-1)$	SEb	QEb	

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Complexo Peruano III

A análise mostrada na Tabela 19 evidencia que o rendimento de grãos, a porcentagem de infecção pelo MCMV e a podridão de espigas foram afetadas significativamente pelas localidades de avaliação. Isso se deve não só às peculiaridades de solo e clima de cada local como também às diferenças na efetividade da inoculação, à população de insetos vetores e a pragas, particularmente *Heliothis zea*.

Os coeficientes de variação foram aceitáveis para rendimento de grãos e MCMV e mais altos para MRFV e a podridão de espigas.

4.1.1. "Maize chlorotic mottle virus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho)

Houve diferenças altamente significativas entre níveis de inoculação (Tabela 19). Esse resultado mostra a efetividade do processo de inoculação com MCMV. Essa diferença, porém, não foi consistente nos três locais como se deduz pela significância da interação de níveis com localidades.

Mais importante foi a detecção de significância do efeito de ciclos. Na Tabela 4 nota-se a tendência geral de

redução da porcentagem de plantas com sintomas do MCMV, como consequência da seleção recorrente. Também detectou-se maior efetividade da seleção dos ciclos C1 a C2 e menor efetividade de C0 a C1 e de C2 a C3. De qualquer modo, ficou evidenciado existir suficiente variância genética aditiva no CP III, para responder à pressão seletiva. Da mesma forma pode se dizer que a seleção baseada em progênies S_1 foi eficiente neste CP III, para melhorar a tolerância deste complexo ao MCMV. Resultados similares foram relatados por FINDLEY et alii (1976), FINDLEY et alii (1985), e EFRON et alii (1989).

Tabela 4. Porcentagem de plantas com sintoma do "Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (vírus mosqueado clorótico do milho) em três ciclos de seleção no Complexo Peruano III. Peru (1989-90).

Ciclos de seleção	Médias de localidades	Localidades		
		Cajabamba	Carhauáz	Contumazá
C0	45,9	40,5	22,1	75,1
C1	43,0	33,1	16,9	79,1
C2	38,8	31,6	13,8	71,0
C3	36,9	24,2	13,9	72,6
S_y	1,35	3,52	1,27	1,56
b	-3,12	-5,04	-2,77	-1,56

S_y : erro padrão das médias

b: coeficiente regressão linear

A não significância da interação ciclos x localidades (Tabela 19) e as médias dadas na Tabela 4 indicam que a seleção deu resposta favorável independentemente do local de avaliação.

Nota-se, aliás, que a porcentagem de plantas com sintoma de MCMV decresceu no terceiro ciclo.

Com três ciclos de seleção obteve-se um ganho médio de 3,1% por ciclo (Tabela 4). Resultados comparáveis foram relatados por FINDLEY et alii (1976) que obtiveram incrementos de 10,2% e 1,1% na população Oh(MDM)S₁ para MCDV e MDMV respectivamente. Para os mesmos vírus o ganho foi de 11,2% e 3,8% em Oh(MDM) S₂. FINDLEY et alii (1985), em quatro ciclos de seleção de progênies S₁ no sintético OhS₁, concluíram que a porcentagem de plantas com MDMV e MCDV baixou de 39,0% para 14,4% e de 67,5% a 35,1% respectivamente. No sintético OhS₂, a porcentagem de plantas com MCDV baixou de 37,4% para 15,7% e para MCDV, de 59,6% a 56,5%.

EFRON et alii (1989), em sete ciclos, obtiveram altos níveis de resistência para MSV. A porcentagem de plantas com vírus baixou de 69,1% em C4 para 0,0% em C7.

4.1.2. Rendimento de grãos

O efeito indireto da seleção para resistência ao MCMV sobre o rendimento de grãos pode ser visualizado pela análise conjunta (Tabela 19) e as médias mostradas nas tabelas 5 e 6. A grande diferença de rendimento entre locais (QME= 53,4686**) fica patente pelas médias gerais dos locais que foram de 2,02 t/ha (Contumazá); 3,14 t/ha (Cajabamba) e 4,60 t/ha (Carhuáz). A baixa fertilidade natural do solo explica a reduzida produtividade verificada nas duas primeiras localidades.

Não foi possível detectar significância do efeito da seleção sobre o rendimento de grãos. Tomando-se a média deste caráter em C0 como 100,0% obteve-se 105,0% em C3, ou um aumento

acumulado de 5.0%, no três ciclos. Sabe-se que resultados dessa magnitude dificilmente são detectados como significativos na experimentação usual em milho. Mesmo assim, fica uma indicação de possível resposta favorável da seleção para resistência ao MCMV sobre o rendimento de grãos nesta população. EFRON et alii (1989), em sete ciclos de seleção, incrementaram o rendimento de 3,02 no ciclo 4 para 4,60 t/ha. no ciclo 7.

Tabela 5. Rendimento de grãos (t/ha) de três ciclos de seleção no Complexo Peruano III. Peru (1989-90).

Ciclos de seleção	Médias de localidades	Localidades		
		Cajabamba	Carhuáz	Contumazá
C0	3,19	3,13	4,38	2,07
C1	3,27	3,41	4,45	1,96
C2	3,20	3,02	4,58	2,01
C3	3,35	3,00	5,00	2,05
S $\bar{y}$	0,11	0,21	0,18	0,18
b	0,04	-0,08	0,20	0,00

S $\bar{y}$: erro padrão das médias

b : coeficiente regressão linear

Os tratamentos inoculados mostraram um incremento de 16,5% na porcentagem de incidência do MCMV. Com este valor obteve-se uma redução de 13,5% no rendimento de grãos, que equivale a 43 kg por unidade de incremento na incidência do MCMV dentro de uma faixa compreendida entre 31,2% a 47,7% (Tabela 6).

Tabela 6. Rendimento de grãos (t/ha), rendimento relativo e porcentagem de incidência em tratamentos não inoculados e inoculados com "Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho) no Complexo Peruano III. Peru (1989-90).

Níveis de inoculação	Rendimento t/ha.	Rendimento relativo (%)	Incidência do MCMV (%)
Tratamentos não inoculados:	3,58	100,0	31,2
Tratamentos inoculados:	2,93	86,5	47,7

4.1.3. "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV) e podridão de espigas

A análise conjunta (Tabela 19) e as médias das Tabelas 7 e 8 mostram os resultados obtidos nestes caracteres. Evidentemente, os altos coeficientes de variação verificados dificultaram a detecção de significância dos principais efeitos investigados. Os valores de porcentagem de incidência do MRFV foram baixos em relação a outros anos, o que deve ser considerado na interpretação destes resultados.

Mesmo assim as tendências observadas foram favoráveis. Comparando-se C3 com C0 (Tabela 7), na média de dois locais de avaliação, houve redução na incidência de plantas com MRFV (8,1% para 4,0%) e de porcentagem de espigas com podridão, de 53,2% para 45,4% (Tabela 8).

Evidência de que a seleção pode ser eficiente para

reduzir a incidência de MRFV foi dada por TOLER et alii (1985).

Tabela 7. Porcentagem de plantas com sintoma de "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV) em três ciclos de seleção no Complexo Peruano III. Peru (1989-90).

Ciclos de seleção	Médias de localidades	Localidades	
		Cajabamba	Carhuáz
C0	8,1	11,1	5,1
C1	4,4	4,3	4,4
C2	5,2	5,2	5,2
C3	4,0	5,2	2,7
$S\bar{y}$	1,64	2,30	2,36
b	-1,15	-1,68	-0,64

$S\bar{y}$: erro padrão das médias

b : coeficiente regressão linear

Estudos de melhoramento para resistência a *Fusarium moniliforme* foram também realizados por DE LEÓN & PANDEY (1989) com quinze ciclos de seleção no "POOL TIWD", concluindo-se que a porcentagem de espigas com podridão baixou de 31% para 30% e de 26% para 22% com quatorze ciclos de seleção no "POOL TLYF".

Tabela 8. Porcentagem de espigas com podridão em três ciclos de seleção no Complexo Peruano III. Peru (1989-90).

Ciclos de seleção	Médias de localidades	Localidades	
		Cajabamba	Carhuáz
C0	53,2	74,7	31,7
C1	36,4	37,1	35,8
C2	52,0	68,7	35,3
C3	45,4	68,0	22,9
S_y	3,05	2,58	5,54
b	-0,78	1,15	-2,69

S_y : erro padrão das médias

b : coeficiente regressão linear

4.2. Complexo Peruano II

O rendimento de grãos, porcentagem de plantas com MCMV e podridão de espigas, de forma similar ao CPIII, foram afetados significativamente pelas localidades de avaliação, como mostra a Tabela 20. Em Contumazá não se observaram danos de MRFV e podridão de espigas.

Os coeficientes de variação para rendimento de grãos e para porcentagem de infecção com MCMV, foram ligeiramente maiores que para o CPIII, sendo de todas as maneiras aceitáveis. Para porcentagem de plantas com MRFV e podridão de espigas, os coeficientes de variação foram altos.

4.2.1. "Maize chlorotic mottle virus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho)

Houve diferenças altamente significativas entre níveis de inoculação (Tabela 20). Este resultado mostra a efetividade da técnica de inoculação do MCMV. Devido a que a interação de níveis com localidades foi altamente significativa, os efeitos dos níveis de inoculação não foram consistentes nas três localidades.

Não se observaram diferenças significativas entre ciclos de seleção. O valor de F encontrado ($F=2,53$) todavia, está muito próximo do valor tabulado ($F=2,96$), como mostra a Tabela 20.

Em termos gerais a porcentagem de plantas com sintomas de MCMV decresceu no terceiro ciclo de seleção. A seleção foi mais efetiva de C0 para C1 (Tabela 9). De todas as maneiras também ficou estabelecido que neste complexo existe variância genética aditiva para responder à seleção. Também se pode assegurar que a seleção baseada em famílias S_1 foi eficiente para melhorar a resistência ao MCMV.

A não significância da interação ciclos x localidades (Tabela 20) e as médias dadas na Tabela 9, indicam que a seleção para MCMV não foi influenciada pelas localidades de avaliação. A porcentagem de plantas com sintoma de MCMV decresceu no terceiro ciclo de seleção.

Com três ciclos de seleção obteve-se um ganho médio de 2,6% por ciclo (Tabela 9). Resultados reportados por FINDLEY et alii (1976), FINDLEY et alii (1985) e EFRON et alii (1989), mostraram que se pode obter ganhos significativos para resistência a doenças viróticas por meio de seleção recorrente de famílias S_1 .

Tabela 9. Porcentagem de plantas com sintomas do "Maize chlorotic mottle virus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho) em três ciclos de seleção no Complexo Peruano II. Peru (1989-90).

Ciclos de seleção	Médias de localidades	Localidades		
		Cajamarca	Cajabamba	Contumazá
C0	46,6	18,5	46,8	74,4
C1	38,8	24,9	28,5	62,9
C2	40,2	23,9	30,2	66,5
C3	37,3	16,8	33,2	62,0
$S_{\bar{y}}$	1,73	1,52	3,49	3,51
b	-2,65	-0,61	-3,91	-3,36

$S_{\bar{y}}$: erro padrão das médias

b : coeficiente regressão linear

4.2.2. Rendimento de grãos

O rendimento de grãos foi afetado significativamente pelas localidades de avaliação (Tabela 20). Esta significância se deve às diferenças das médias gerais de localidades que foram de 2,12 t/ha (Contumazá), 2,29 t/ha (Cajabamba) e 4,82 t/ha (Cajamarca). Da soma de quadrados total da análise conjunta, 72% corresponderam ao efeito de localidades.

Não se observaram diferenças significativas do efeito da seleção sobre o rendimento de grãos (Tabela 20). Detectaram-se desvios de linearidades nos ciclos C0 a C1 e C2 a C3 (Tabela 10).

Tabela 10. Rendimento de grãos (t/ha) de três ciclos de seleção no Complexo Peruano II. Peru (1989-90).

Ciclos de seleção	Médias de localidades	Localidades		
		Cajamarca	Cajabamba	Contumazá
C0	2,96	5,38	1,93	1,58
C1	3,15	4,45	2,42	2,57
C2	2,82	4,05	2,24	2,18
C3	3,39	5,42	2,57	2,17
$S\bar{y}$	0,15	0,31	0,23	0,22
b	0,10	-0,03	0,17	0,14

$S\bar{y}$: erro padrão das médias

b : coeficiente regressão linear

Tomando-se a média deste caráter em C0 como 100,0%, obteve-se 114,5% em C3, ou um aumento acumulado de 14,5% em três ciclos de seleção. Este resultado mostra uma resposta favorável da seleção para resistência ao MCMV sobre o rendimento de grãos.

A significância de ciclos x locais (Tabela 20) e as médias dadas na Tabela 10, indicam que a seleção para rendimento foi afetada significativamente pelas localidades de avaliação. Também se observa tendência positiva da seleção nas localidades de Cajabamba e Contumazá, menos em Cajamarca, possivelmente devido aos danos localizados peculiares da geada ocorrida antes do florescimento.

A inoculação do MCMV produziu um incremento na porcentagem de incidência do MCMV de 15,8%. Com este valor obteve-se uma

redução do rendimento de 13,5% equivalente a 34.1 kg de grãos para cada unidade de incremento de sintoma do MCMV dentro de uma faixa de incidência variando de 27,4% a 43,2% (Tabela 11).

Tabela 11. Rendimento de grãos (t/ha), rendimento relativo e porcentagem de incidência em tratamentos não inoculados e inoculados com "Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho) no Complexo Peruano II. Peru (1989-90).

Níveis de inoculação	Rendimento (t/ha)	Rendimento relativo (%)	Incidência do MCMV (%)
Tratamentos não inoculados	3,41	100,0	27,4
Tratamentos inoculados	2,95	86,5	43,2

4.2.3. "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV) e podridão de espigas.

A análise conjunta da Tabela 20, mostra que as localidades influenciaram significativamente a podridão de espigas. A porcentagem de plantas com MRFBV, porém, não foi afetada significativamente, nas localidades de Cajamarca e Cajabamba; a infecção por MRFBV e podridão de espigas, por sua vez, foi baixa. Os coeficientes de variação para as duas doenças foram altos, ligeiramente maiores que para o CPBII.

Dos dados mostrados na Tabela 12, deduz-se que há tendência positiva da seleção para reduzir a infecção do MRFBV. Em termos gerais a porcentagem de plantas com sintomas de vírus foi menor no segundo ciclo de seleção, observando-se um ligeiro

incremento no ciclo C3. Estes resultados estão de acordo com o proposto por TOLER et alii (1985), que acreditam ser possível melhorar a resistência por meio de um programa de seleção recorrente.

Tabela 12. Porcentagem de plantas com sintomas de "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV) em três ciclos de seleção no Complexo Peruano II. Peru (1989-90).

Ciclos de seleção	Médias de localidades	Localidades	
		Cajamarca	Cajabamba
C0	5,4	3,0	7,7
C1	4,4	6,2	2,5
C2	3,5	2,8	4,2
C3	3,8	1,5	6,2
$S\bar{y}$	1,74	2,60	2,32
b	-0,57	-0,79	-0,28

$S\bar{y}$: erro padrão das médias

b : coeficiente regressão linear

A porcentagem de espigas com podridão incrementou com a seleção, possivelmente devido à presença de outras doenças e pragas, particularmente *Heliothis zea*, que impediram obter avaliações precisas no campo (Tabela 13).

Tabela 13. Porcentagem de espigas com podridão em três ciclos de seleção no Complexo Peruano II. Peru (1989-90).

Ciclos de seleção	Médias de localidades	Localidades	
		Cajamarca	Cajabamba
C0	48,2	23,6	72,9
C1	55,9	31,5	80,3
C2	50,6	46,8	54,5
C3	53,6	29,2	77,9
$S_{\bar{y}}$	3,83	4,84	5,94
b	1,09	3,21	-1,08

$S_{\bar{y}}$: erro padrão das médias

b : coeficiente regressão linear

4.3. Complexo Peruano I

De forma similar ao obtido nas populações CPIII e CPII, a Tabela 21 mostra que as porcentagens de infecção com MCMV, rendimento de grãos e podridão de espigas foram afetadas significativamente pelas localidades de avaliação. Não houve diferenças significativas para a porcentagem de plantas com sintomas de MRFV. Em Contumazá não se observaram danos de MRFV e podridão de espigas.

Os coeficientes de variação para MCMV e para rendimento de grãos foram aceitáveis, porém maiores que para os CPIII e CPII. Para MRFV e podridão de espigas os coeficientes de variação foram maiores que os encontrados para CPIII e CPII. Isto se explica por

se tratar de caracteres de difícil avaliação no campo, sobretudo quando não se tem uma infecção uniforme e se apresentam conjuntamente danos de outras doenças e pragas.

4.3.1. "Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (Vírus do mosqueado clorótico do milho)

Detectaram-se diferenças significativas entre níveis de inoculação, observando-se a eficiência desta metodologia de forma similar ao encontrado no CPIII e CPII.

O Complexo Peruano I, ao contrário dos outros, apresentou resultados opostos ao esperado. A porcentagem de plantas com MCMV incrementou com a seleção, sendo esta tendência consistente nas três localidades (Tabela 14). Estes resultados mostram que não foi possível obter respostas favoráveis pela seleção nesta população.

No Complexo Peruano I aplicaram-se as mesmas técnicas e estratégias que em CPIII e CPII, porém não se obtiveram os mesmos resultados. Uma possível explicação pode ser dada em função da precocidade observada a nível de famílias deste complexo. Tendo sido efetuada a inoculação na mesma época nas três populações, esta atuou tardiamente no CPI, originando escape de plantas de famílias mais precoces, não permitindo deste modo uma eficiente seleção. Tal resultado, enfim, chama a atenção para a necessidade de se sincronizar o momento de inoculação das famílias com o ciclo das mesmas, em função da sua precocidade. Alerta, também, para a necessidade de se reavaliar essa população CPI em outro experimento para confirmar ou não a sua reação frente ao MCMV, nos seus ciclos de seleção.

Tabela 14. Porcentagem de plantas com sintoma do "Maize chlorotic mottle virus"-MCMV (vírus de mosqueado clorótico de milho) em três ciclos de seleção no Complexo Peruano I. Peru (1989-90).

Ciclos de seleção	Médias de localidades	Localidades		
		Cajamarca	Cajabamba	Contumazá
C0	32,2	11,1	25,2	60,4
C1	38,5	13,5	37,0	65,0
C2	36,4	17,8	33,1	58,2
C3	40,5	12,2	44,4	64,8
$S\bar{y}$	1,91	2,95	2,71	4,11
b	2,28	0,76	5,37	0,64

$S\bar{y}$: erro padrão das médias

b : coeficiente regressão linear

4.3.2. Rendimento de grãos

Por não se haver obtido resultados positivos pela seleção do MCMV nesta população, as médias gerais de rendimento de grãos não foram alteradas significativamente com os ciclos de seleção, como se observa na Tabela 15.

A diferença de porcentagem da incidência de tratamentos inoculados e não inoculados com MCMV, como mostra a Tabela 16, foi de 11,5%. Com este valor de infecção obteve-se uma diminuição de 9,8% no rendimento de grãos equivalente a 38,0 kg para cada unidade de incremento da incidência do MCMV, na faixa de desenvolvimento da doença compreendida entre 27,0% a 38,5%.

Tabela 15. Rendimento de grãos (t/ha) de três ciclos de seleção no Complexo Peruano I. Peru (1989-90).

Ciclos de seleção	Médias de localidades	Localidades		
		Cajamarca	Cajabamba	Contumazá
C0	3,41	5,79	1,79	2,64
C1	3,07	5,15	1,59	2,48
C2	3,16	4,84	2,11	2,54
C3	3,49	5,95	1,96	2,55
$S\bar{y}$	0,21	0,54	0,26	0,19
b	0,03	0,02	0,10	-0,02

$S\bar{y}$: erro padrão das médias

b : coeficiente regressão linear

A diferença da incidência de tratamentos inoculados e não inoculados com MCMV nesta população apresentou o menor valor em relação ao CPII e CPIII.

Tabela 16. Rendimento de grãos (t/ha), rendimento relativo e porcentagem de incidência em tratamentos não inoculados e inoculados com "Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho) no Complexo Peruano I. Peru (1989-90).

Níveis de inoculação	Rendimento (t/ha)	Rendimento relativo (%)	Incidência do MCMV (%)
Tratamentos não inoculados	3,86	100,0	27,0
Tratamentos inoculados	3,48	90,2	38,5

4.3.3. "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV) e podridão de espigas

A porcentagem média de plantas com MRFV nesta população foi baixa, sendo as médias menores que em CPIII e CPII. No terceiro ciclo de seleção a porcentagem de plantas infectadas com este vírus foi muito semelhante a C0, mostrando que a seleção não foi efetiva para reduzir a porcentagem de plantas com MRFV (Tabela 17).

Tabela 17. Porcentagem de plantas com sintoma de "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV) em três ciclos de seleção no Complexo Peruano I. Peru (1989-90).

Ciclos de seleção	Médias de localidades	Localidades	
		Cajamarca	Cajabamba
C0	1,2	1,8	0,5
C1	2,4	4,2	0,6
C2	2,6	3,1	2,1
C3	1,3	2,1	0,5
$S\bar{y}$	1,68	2,94	1,66
b	0,05	-0,02	0,15

$S\bar{y}$: erro padrão das médias

b : coeficiente regressão linear

A porcentagem média de espigas com podridão incrementou com a seleção praticada nesta população, (Tabela 18).

Estes resultados indicam que a avaliação desta doença deveria ser feita em condições controladas, dado que existe alta interação com outras doenças e insetos.

Tabela 18. Porcentagem de espigas com podridão em três ciclos de seleção no Complexo Peruano I. Peru (1989-90).

Ciclos de seleção	Médias de localidades	Localidades	
		Cajamarca	Cajabamba
C0	35,4	27,3	43,6
C1	38,4	32,5	44,3
C2	51,6	34,3	68,8
C3	46,4	19,1	73,6
$S\bar{y}$	3,88	3,62	7,39
b	4,62	-2,28	11,45

$S\bar{y}$: erro padrão das médias

b : coeficiente regressão linear

4.4. Considerações finais

Obteve-se resposta diferente na seleção para resistência ao MCMV em três populações de milho estudadas.

Considerando que a metodologia e os critérios de seleção foram semelhantes nas três populações, a resposta diferenciada pode ser atribuída a diferenças na estrutura genética das populações, particularmente a genes que controlam a resistência ao MCMV.

Nas populações CPIII e CPII, nas quais foram obtidos ganhos significativos para MCMV, também detectaram-se respostas favoráveis para rendimento de grãos e MRFV.

Os níveis de infecção natural do MRFV foram baixos, os quais influenciaram negativamente na quantificação da resposta devida à seleção.

Não se obteve resposta à seleção para podridão de espigas. Este comportamento pode ser explicado pela dificuldade em se obter avaliações precisas na presença de outras doenças e/ou pragas da espiga, que interagem mascarando os sintomas.

A avaliação da variabilidade genética é fundamental para se iniciar um programa de melhoramento para resistência a doenças.

A presença de genes ligados, controlando a resistência a doenças é uma possibilidade que deve ser considerada. Neste caso um programa de retrocruzamento ou a introgressão de germoplasma novo poderiam ser necessários.

Quando se trabalha com populações de ciclos diferentes é conveniente realizar a inoculação em um estágio de crescimento adequado, permitindo que os vírus possam se multiplicar numa taxa que permita evitar o escape de materiais mais precoces.

Tabela 19. Quadrados médios referentes ao rendimento de grãos, porcentagem de infecção por "Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho), "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV) e podridão de espigas. População de milho CPIII. Análise conjunta de localidades no Peru; (1989-90).

FV	GL	Rendimento	MCMV	MRFV	Podridão
Repetições/ Locais	9	1,4800	46,7744	35,2937	185,2560
Locais(E)	2	53,4686**	10741,1429**	100,4254	5291,6532**
Ciclos(C)	3	0,1288	175,7447*	77,5748	328,8060
Linear (L)	1	0,1862	515,0785**	153,3333	27,0456
Quadrático(Q)	1	0,0268	2,2971	22,8843	133,0851
Desvios(D)	1	0,1735	9,8585	56,5068	826,2872*
E x C	6	0,3917	35,7961	39,5960	579,9392*
Erroa/locais	27	0,2940	43,7936	43,4043	149,2218
Níveis (N)	1	10,1875**	6536,8053**	12,2938	80,1249
N x E	2	1,7689**	5120,7373**	66,7285	405,7706
N x C	3	0,3548	2,8766	16,1116	282,4574
N x E x C	6	0,1738	35,2775	67,9707	111,5606
Errob/locais	36	0,2253	26,4946	45,1642	368,2482
CV (a)		8,3	8,4	25,0	14,2
CV (b)		14,6	13,1	51,1	44,5

*,** significância dos valores F dos quadrados médios, ao nível de 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 20. Quadrados médios referentes ao rendimento de grãos, porcentagem de infecção por "Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho), "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV) e podridão de espigas. População de milho CPII. Análise conjunta de localidades no Peru; (1989-90).

FV	GL	Rendimento	MCMV	MRFV	Podridão
Repetições/ Locais	9	0,5598	188,7224*	124,1850	179,1808
Locais(E)	2	73,3194**	6537,9990**	107,3814	8600,9394**
Ciclos(C)	3	1,4178	181,3103	19,5653	79,3237
Linear(L)	1	1,0775	388,2242*	50,1811	39,8961
Quadrático(Q)	1	0,8694	61,3121	8,0372	39,5484
Desvios(D)	1	2,3066*	94,3945	0,4775	158,5267
E x C	6	2,1499**	117,4008	130,4049	625,8749
Erroa/locais	27	0,5204	71,5917	48,6373	234,6026
Níveis(N)	1	5,8707**	3663,0104**	75,2990	141,5802
N x E	2	2,0447**	3408,7404**	6,1256	485,7065
N x C	3	2,2835	91,3213	8,8132	228,9367
N x E x C	6	0,2194	43,9453	24,6112	146,2224
Errob/locais	36	0,2574	59,5499	44,5941	329,9408
CV (a)		11,7	10,7	30,1	16,5
CV (b)		16,5	19,6	57,7	39,2

*,** significância dos valores F dos quadrados médios, ao nível de 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 21. Quadrados médios referentes ao rendimento de grãos, porcentagem de infecção por "Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho), "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV) e podridão de espigas. População de milho CPI. Análise conjunta de localidades no Peru; (1989-90).

FV	GL	Rendimento	MCMV	MRFV	Podridão
Repetições/ Locais	9	0,7108	183,1860	148,8092*	693,5766
Locais(E)	2	114,7938**	7392,4018**	299,3332	5344,3410**
Ciclos(C)	3	0,9333	117,2673	40,3794	343,9866
Linear(L)	1	0,1370	246,0319	2,8144	605,9904
Quadrático(Q)	1	2,6215	25,2048	109,9614	56,2125
Desvios(D)	1	0,0413	80,5651	8,3656	369,7570
C x E	6	0,8579	74,7631	22,6520	487,7835
Erroa/locais	27	1,0554	87,9378	45,5070	270,7645
Níveis(N)	1	6,4149**	5121,2435**	45,6469	408,9495
N x E	2	0,2099	2637,1272**	59,7336	20,5436
N x N	3	0,0032	56,7324	16,1415	404,5750
N x E x C	6	0,3168	17,8807	11,6281	321,6685
Errob/locais	36	0,2374	66,2116	36,6609	442,9459
CV (a)		15,6	12,8	46,0	20,4
CV (b)		14,8	22,2	82,7	52,1

*, ** significância dos valores F dos quadrados médios, ao nível de 5% e a 1% de probabilidade, respectivamente.

5. CONCLUSÕES

Os resultados obtidos no presente trabalho permitiram chegar às conclusões seguintes:

A seleção praticada para aumento da resistência ao vírus do "Maize chlorotic mottle vírus"-MCMV (vírus do mosqueado clorótico do milho) produziu diferentes respostas, nos ciclos seletivos gerados em cada um dos Complexos Peruanos (CP).

As respostas desiguais sugerem a existência de diferentes quantidades de variância genética aditiva da resistência ao MCMV, nas três populações.

Pelos progressos significativos conseguidos nas populações CPIII e CPII com aumento médio de resistência ao MCMV, de 3,1% e 2,6% por ciclo, respectivamente, fica evidenciada a eficiência da seleção recorrente baseada em família S_1 .

As diferentes respostas obtidas para o MCMV são indicadores de que não se pode utilizar a mesma estratégia de inoculação e seleção em diferentes materiais. Sobretudo deve-se procurar avaliar nas populações base (C0), antes da seleção, a quantidade de variação genética disponível para a resistência ao vírus em questão.

Não se tendo encontrado significância da resposta à

seleção para "Maize rayado fino vírus"-MRFV ("Brazilian corn streak vírus"-BCSV) e podridão de espigas, deve-se reconsiderar a metodologia para avaliação destas doenças podendo-se considerar a possibilidade de utilizar inoculação artificial.

Quando a seleção incrementou a resistência ao MCMV (CPIII e CPII) também houve tendência de respostas correlacionadas favoráveis para rendimento de grãos e resistência ao MRFV. Na população CPI, em que não houve resposta da seleção para resistência ao MCMV, também não ocorreram respostas correlacionadas favoráveis.

A alta eficiência da inoculação com MCMV mostrou ser essa uma prática necessária para se avaliar o comportamento de populações em processo de melhoramento para resistência a esse vírus.

O rendimento de grãos foi afetado significativamente pelo MCMV. Estimou-se uma média de redução de 28,5 kg/ha nas três populações para cada 1% de plantas infectadas para níveis de infecção entre 28,5% a 43,1%.

Deve ser feita reavaliação do CPI para confirmar ou não os resultados nele obtidos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BRADFUTE, O. E. Maize rayado fino and maize dwarf mosaic viruses in Ecuador. *Plant Disease*, St. Paul, 69: 1078-80, 1985.
- BOLING, M. B. & GROGAN, C. O. Gene action affecting host resistance to fusarium ear rot of maize. *Crop Science*, Madison, 5: 305-7, 1965.
- CASTILLO, J. & HEBERT, T. T. Nueva enfermedad virosa afectando al maiz en el Perú. *Fitopatologia*, Lima, 9: 79-84, 1974.
- DE LEÓN, C. Maize diseases. A guide for field identification, CIMMYT, El Batán, México, 1984.
- DE LEÓN, C. & PANDEY, S. Improvement of resistance to ear and stalk rots and agronomic traits in tropical maize gene pools. *Crop Science*, Madison, 29: 12-17, 1989.
- EFRON, Y.; KIM, S. K.; FAJEMISIN, J. M.; MARECK, J. H.; TANG, C. Y.; DABROWSKI, Z. T.; ROSSELL, H. W.; THOTTAPPILLY, G.; BUDDENHAGEN, I. W. Breeding for resistance to maize streak virus: A multidisciplinary team approach. *Plant Breeding*, Berlin, 103: 1-36, 1989.

- FAJEMISIN, J. M.; EFRON, Y.; KIM, S. K. ; KHADR, F. H.; DABROWSKI, Z. T.; MARECH, J.; BJARNASON, M.; PARKISON, V.; EVERETT, L. A.; DIALLO, A. Population and varietal development in maize for tropical Africa through resistance breeding approach. In: BRANDOLINI, A. & SALAMINI, F. Breeding strategies for maize production improvement in the tropics. Firenze, FAO, Istituto Agronomico per L'Oltremare, 1985. p. 385-407.
- FINDLEY, W. R.; LOUIE, R.; KNOKE, J. K.; DOLLINGER, E. J. Breeding corn for resistance to virus in Ohio. In: INTERNATIONAL MAIZE VIRUS DISEASE COLLOQUIUM AND WORKSHOP. Proceedings edited by L. E. Williams, and others. Ohio, Agricultural Research and Development Center, 1976. p.123-8.
- FINDLEY, W. R.; JOSEPHSON, L. M.; DOLLINGER, E. J. Breeding for disease resistance in corn. In: VIRUS AND VIRUSLIKE DISEASES OF MAIZE IN THE UNITED STATES. Southern Cooperative Series Bulletin 247, edited by D. T. Gordon and others. Ohio Agricultural Research and Development Center, 1981. p .137-40.
- FINDLEY, W. R.; LOUIE, R.; KNOKE, J. K. Breeding corn for resistance to corn viruses in Ohio. In: ANNUAL CORN & SORGHUM INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE, 39. Chicago, 1984. Proceedings edited by D. Wilkinson & R. Brown. Washington, American Seed Trade Association, 1985. p. 52-67.
- GAMEZ, R. Virus del maíz em América Latina: El rayado fino. Fitopatologia Brasileira. Brasília, 4: 171-176, 1979.
- GAMES, R. Maize rayado fino virus. Commonwealth Mycological Institute and Association of Applied Biologists, KEW, (220): 1-4, 1980 a.

- GAMES, R. Rayado fino virus disease of maize in the american tropics. *Tropical Pest Management*, London, 26: 26-33, 1980 b.
- GOMES, F. P. Curso de estatística experimental Piracicaba, ESALQ, 1990. 467p.
- GORDON, D. T.; KNOKE, J. K .; NAULT, L. R.; RITER, R. M. Interpretive summary of proceedings. In: INTERNATIONAL MAIZE VIRUS DISEASES COLLOQUIUM AND WORKSHOP. Proceedings edited by D. T. Gordon and others. Ohio, Agricultural Research and Development Center, 1983.
- HALLAUER, A. R. & MIRANDA FILHO, J. B. Quantitative Genetics in Maize Breeding. Ames, Iowa State University Press, 1988. 468p.
- HEADRICK, J. M. & PATAKY, J. K. Resistance to Kernel infection by *Fusarium moniliforme* in imbred lines of sweet corn and the effect of infection on emergence. *Plant Disease*, St. Paul, 73: 887-892. 1989.
- HOLLEY, R. N.; HAMILTON, P. B.; GOODMAN, M. M. Evaluation of tropical maize germ plasm for resistance to kernel colonization by *Fusarium moniliforme*. *Plant Disease*, Sant Paul, 73: 578-580, 1989.
- HULL, F. H. Recurrent selection and specific combining ability in corn. *Journal of American Society of Agronomy*, Madison, 37:134-45, 1945.
- JENSEN, S. G.; WYSONG. D.S.; BALL, E. M.; HIGLEY, P. M. Seed transmission of maize chlorotic mottle virus. *Plant Disease*, St. Paul, 75: 497-498, 1991.

- KING, S. B. & SCOTT, G. E. Genotypic differences in maize to kernel infection by *Fusarium moniliforme*. *Phytopathology*, Lancaster, 71: 1245-1247, 1981.
- KIM, S. K.; BREWBAKER, J. L. ; HALLAUER, A. R. Insect and disease resistance from tropical maize for use in temperate zone Hybrids. In: ANNUAL CORN & SORGHUM INDUSTRY RESEARCH CONFERENCE, 43. Chicago, 1988. Proceedings edited by D. Wilkinson. Washington, American Seed Trade Association, 1988. p. 194-226.
- LOMMELE, S. A.; KENDALL, T. L.; SIU, N. F.; NUTTER, R. C. Characterization of maize chlorotic mottle virus. *Phytopathology*, Lancaster, 81: 819-823, 1991.
- LOGROMO, M. L.; BREWBAKER, J. L. & KIM, S. K.. Viral resistance and agronomic traits of tropical adapted maize inbreds. In: ANNUAL MEETING OF CROP SCIENCE SOCIETY OF AMERICA, 32. Atlanta, 1987. Madison, American Society of Agronomy, 1987. Aput. Agronomy Abts, Madison, p. 70, 1987. (Resumo)
- MARTINEZ-LOPEZ, G. New maize virus diseases in Colombia. In: INTERNACIONAL MAIZE VIRUS DISEASE COLLOQUIUM AND WORKSHOP. Proceedings edited by L. E. Williams and others. Ohio, Agricultural Research and Development Center, 1976, p.20-29.
- MIRANDA FILHO, J. B.. Breeding methodologies for tropical maize. In: BRANDOLINI A. & SALAMINI, F. ed. Breeding strategies for maize production improvement in the tropics. Firenze, FAO, Istituto Agronomico per L'Oltrenare, 1985. p. 177-206.

- MOLL, R. H. & STUBER, C. W. Quantitative genetics- empirical results relevant to plant breeding. *Advances in Agronomy*, New York, 26: 227-313, 1974.
- NARRO, T. P. Selección recurrente para acumular genes de resistencia a enfermedades virósicas en tres poblaciones de maíz de altura. In: REUNION DE MAICEROS DE LA ZONA ANDINA, 13., Chiclayo, 1988. Perú, Instituto Nacional de Investigación Agraria y Agroindustrial y Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y trigo-CIMMYT, 1990. p. 25-30.
- NAULT, L. R.; STYER, W. E.; COFFEY, M. E.; GORDON, D. T.; NEGI, L. S.; NIBLETT, C. L. Transmission of maize chlorotic mottle virus by chrysomelid beetles. *Phytopatology*, Lancaster, 68: 1071-1074, 1978.
- NAULT, L. R.; GORDON, D. T. ; GINGERY, R. E.; BRADFUTE, O. E.; CASTILLO LOAYZA, J. Identification of maize viruses and mollicutes and their potencial insect vectors in Peru. *Phytopathology*, Lancaster, 69: 824-8, 1979.
- NAULT, L. R.; GINGERY, R. E.; GORDON, D. T. Leafhopper Transmission and host range of maize rayado fino virus. *Phytopatology*, Lancaster, 70:709-12, 1980.
- NAULT, L. R.; GORDON, D. T.; CASTILLO LOAYZA, J. Maize virus and mycoplasma diseases in Peru. *Tropical Pest Management*, London, 27: 363-9, 1981.
- NIBLETT, C. L. & CLAFLIN, L. E. Corn lethal necrosis-A new virus disease of corn in Kansas. *Plant Disease Reporter*, St. Paul, 62: 15-9, 1978.

- PATERNIANI, E. Maize breeding in the tropics. *Critical Reviews in Plant Sciences*, Boca Raton, 9: 125-54, 1990.
- PEREA, C. F.. Métodos de inoculação e fontes de resistência para *Diplodia maydis* (Berk.) sacc. e *Fusarium moniliforme* sheldon, agentes causadores de podridões de espigas de milho (*Zea mays* L.). Piracicaba, 1978. 127 p. (Mestrado - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"/USP).
- RENFRO, B. L. Breeding for disease resistance in tropical maize and its genetic control. In: BRANDOLINI, A. & SALAMINI, F. ed. *Breeding strategies for maize production improvement in the tropics*. Firenze, FAO, Istituto Agronomico per L'Oltremare, 1985. p. 341-365.
- SCOTT, G. E. Breeding for and genetics of virus resistance in field corn. In: INTERNATIONAL MAIZE VIRUS DISEASE COLLOQUIUM AND WORKSHOP. Proceedings edited by D. T. Gordon and others Ohio, Agricultural Research and Development Center, 1983. p. 248-54.
- SCOTT, G. E. & S. B. KING. Site of action of factors for resistance to *Fusarium moniliforme* in maize. *Plant Disease*, St. Paul, 68: 804-6, 1984.
- SEMINARIO COSECHA DE MAICES DE ALTURA. Cajamarca - Perú, INIAA, CIMMYT, 1990.
- STEEL, R. G. & TORRIE, J. H. *Bio Estatística; Principios y procedimientos*. 2 ed. trad. por Ricardo Martines B. México, McGraw-Hill, 1985, México, 622 p.

TEYSSANDIER, E. E.; NOME, S. F.; DAL BO, E. Maize virus diseases in Argentina. In: INTERNATIONAL MAIZE VÍRUS DISEASES COLLOQUIUM AND WORKSHOP. Proceedings edited by D. T. Gordon and others. Ohio, Agricultural Research and Development Center, 1983. p.93-99.

TOLER, R. W.; SKINNER, G.; BOCKHOLT, A.J.; HARRIS, K. F. Reactions of maize (*Zea mays*) accessions to maize rayado fino virus. Plant Disease, St. Paul, 69: 56-57, 1985.

UYEMOTO, J. K.. Biology and control of maize chlorotic mottle virus. Plant Disease, St. Paul , 67: 7-10, 1983.

VENCOVSKY, R. & BARRIGA, P. B. Genética Biométrica no Fitomelhoramento. (no prelo).