

CORRELAÇÕES E ANÁLISE DE TRILHA ENTRE REAÇÃO À CERCOSPORIOSE E OUTRAS VARIÁVEIS EM PROGÊNIES DE CAFÉ ARÁBICA.

Marcos Rafael Petek¹, E-mail: mrpetek@iac.sp.gov.br; Luiz Carlos Fazuoli¹; Julio César Mistro¹; Antonio C. Baião de Oliveira¹; Paulo B. Gallo²

¹Instituto Agronômico de Campinas, Campinas, SP; ² Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Nordeste Paulista – APTA

Resumo

O objetivo deste trabalho foi identificar a existência de variabilidade genética e demonstrar a influência de outras variáveis para reação à cercosporiose através de correlações e análise de trilha, buscando variáveis para seleção indireta. Este estudo foi realizado em um experimento composto por progênies em seleção para resistência à ferrugem, instaladas em Mococa, no delineamento em blocos ao acaso, 3 repetições, 5 plantas/parcela. Antes da colheita de 2006 foram realizadas avaliações para vigor vegetativo (VV), produção (Pr) e reação à cercosporiose (RC). Foram realizadas análises nutricionais de tecido foliar em cada parcela. Os resultados obtidos indicam que as variáveis vigor vegetativo e produção devem ser consideradas na seleção de materiais genéticos mais resistentes à cercosporiose. Os genótipos dos germoplasmas “Catuaí Sh3” e “Icatú x Catuaí” podem ser importantes fontes de resistência ou tolerância à cercosporiose. Nutrição suficiente e equilibrada pode levar a resistência induzida à cercosporiose.

Palavras-chave: melhoramento genético, *Cercospora coffeicola*, seleção indireta, resistência induzida, vigor vegetativo.

CORRELATIONS AND PATH ANALYSIS BETWEEN REACTION TO CERCOSPORIOSE AND OTHERS VARIABLES IN ARABIC COFFEE PROGENIES.

Abstract

This research aimed to identify the existence of genetic variability and demonstrate the influence of other variables for reaction to the cercosporiose through correlation and path analysis, searching variables for indirect selection. This study was carried out in an experiment constituted by progenies in selection for rust resistance, installed in Mococa, in randomized complete block design, 3 replications, 5 plants/plots. Evaluations for vegetative vigor (VV), production (Pr) and cercosporiose reaction (RC) were carried out before the harvest of 2006. Leaf nutritional analyses had been carried in each plot. The results indicated that vegetative vigour and yield should be considered in the selection of progenies that are more resistant to cercosporiose. The germoplasm "Catuaí Sh3" and "Icatú x Catuaí" can be important offspring of resistance or tolerance to cercosporiose. Stable and sufficient nutrition can cause induced resistance to cercosporiose.

Key-word: genetic breeding, *Cercospora coffeicola*, indirect selection, induced resistance, vegetative vigour.

Introdução

A ocorrência de doenças, pragas e condições climáticas adversas são as principais causas de perdas na agricultura. Na cafeicultura brasileira, as doenças mais importantes economicamente são a ferrugem, causada por *Hemileia vastatrix*, e a cercosporiose, causada por *Cercospora coffeicola*. Além disso, o lançamento de diversas cultivares resistentes à ferrugem, nos últimos anos, pode ser a causa de se ter verificado um aumento da severidade da cercosporiose, provavelmente devido a diminuição de aplicações de fungicidas cúpricos. O uso de cultivares resistentes às doenças é a tecnologia mais eficiente, pois trazem benefícios econômicos e ambientais consideráveis para o cafeicultor e conseqüentemente para o desenvolvimento de uma cafeicultura sustentável, pela diminuição dos custos de produção e por evitar o uso de fungicidas, que agridem ao homem e ao meio ambiente.

O desenvolvimento de cultivares resistentes à cercosporiose precisa primeiramente da identificação de fontes de resistência. Patrício et al. (2003) avaliaram o comportamento de cultivares de *C. arabica* com relação à cercosporiose, através da inoculação em mudas, e identificaram que as cultivares Catuaí Vermelho IAC 144 e Catuaí Amarelo IAC 62 apresentam alguma resistência. Identificaram também que não existe relação da resistência à ferrugem com resistência à cercosporiose, já que, materiais como o ‘Obatã IAC 1669-20’ e “Híbrido de Timor”, resistentes à ferrugem, não se comportaram como resistentes à cercosporiose (Patrício et al., 2003).

Porém, os estudos realizados com objetivo de identificarem fontes de resistência à cercosporiose precisam ser confirmados em condições de campo e com os cafeeiros em produção ou em mudas, mas isolando o efeito nutricional, pois, sabe-se que a incidência desta doença é bastante afetada pelas condições nutricionais do cafeeiro. Apesar de existirem poucos trabalhos, há observações de maior nível de infecções em lavouras depauperadas por adubações insuficientes (Castaño, 1956; Buitrago & Fernandez-Borrero, 1982; citados por Júnior et al., 2003) e deficiências hídricas (Santos et al., 1985; Silva & Oliveira, 1994; citados por Júnior et al., 2003). A determinação do tipo de herança é de fundamental importância para uma eficiente seleção, pois quando se trata de herança do tipo qualitativa a seleção é facilitada pela baixa influência que o ambiente exerce por ser controlada por um ou poucos genes de efeitos maiores. Porém, quando a herança é do tipo quantitativa, ou seja, controlada por vários genes, a influência ambiental na expressão da resistência é bastante

grande, portanto, precisa-se de experimentos delineados com bastante rigor para que se possa estimar o determinismo genotípico para uma seleção eficiente.

Considerando então que a reação à cercosporiose é bastante afetada pelas condições nutricionais do cafeeiro, é de fundamental importância o conhecimento das associações entre a incidência da doença e outras características agronômicas e nutricionais, que possam ser utilizadas na seleção indireta e proporcionar uma seleção mais confiável. A análise de trilha proporciona o estudo dos efeitos diretos e indiretos de caracteres sobre uma variável básica (Cruz & Regazzi, 1997). Para maior efetividade da seleção, em direção a progênies de café menos suscetíveis à cercosporiose é importante identificar dentre os caracteres de alta correlação com a variável básica, aqueles de maior efeito direto em sentido favorável a seleção.

O objetivo deste trabalho foi identificar a existência de variabilidade genética e demonstrar a influência de outras variáveis na reação à cercosporiose através de correlações e análise de trilha, buscando variáveis para seleção indireta.

Material e Métodos

Este estudo foi realizado em um experimento composto por progênies em seleção para resistência à ferrugem e cultivares como testemunhas (Tabela 3), instaladas no Pólo Regional de Desenvolvimento Tecnológico dos Agronegócios do Nordeste Paulista – APTA em Mococa, no delineamento em blocos ao acaso, 3 repetições, 5 plantas/parcela. Antes da colheita de 2006 foram realizadas avaliações para vigor vegetativo (VV), produção (Pr) e reação à cercosporiose (RC). O vigor vegetativo foi avaliado em cada planta através de notas variando de 1 a 10, sendo: 1 = planta depauperada com poucas folhas amareladas e intensa seca de ramos e 10 = planta bastante enfolhada com folhas verde-escuro. A produção foi avaliada em cada planta através de notas variando de 1 a 10, sendo: 1 = sem produção e 10 = planta com alta carga. Para a reação a cercosporiose foi atribuída uma nota a cada planta, variando de 0 a 5, sendo:

0 = ausência de sintomas;

1 = algumas pontuações de cor marrom (Foto 1);

2 = pontuações de cor marrom espalhados pelas plantas e alguns sintomas nos frutos;

3 = sintomas nos frutos espalhados pela planta e algumas manchas grandes e negras chegando as bordas das folhas;

4 = manchas grandes e negras espalhadas pela planta, frutos atacados e alguns ramos secos (Foto 4);

5 = planta com intensa seca de ramos e sintomas de manchas grandes e negras bastante espalhadas pela planta e frutos bastantante atacados.



Foto 1. Nota 1 para a escala de avaliação.



Foto 2. Nota 4 na escala de avaliação.

Foram realizadas análises nutricionais de tecido foliar em cada parcela para correlacionar com a reação à cercosporiose. As amostras foram retiradas de duas plantas em cada parcela. Foram retiradas quatro pares de folhas (3º ou 4º pares) sendo 1 de cada lado da planta.

Os dados foram submetidos a análises de variância, estimados os coeficientes de correlação genética, realizado a análise de trilha considerando a reação à cercosporiose como variável principal e a comparação entre médias pelo teste Scott-Knott.

Resultados e Discussão

Os resumos das análises de variâncias para as características analisadas estão apresentadas na Tabela 1. As características reação à cercosporiose (RC), vigor vegetativo (VV) e concentrações de potássio (K) e fósforo (P) apresentaram significância pelo teste F a 1% de probabilidade e as características produção (Pr) e concentração de nitrogênio (N) foram significativas a 5%. Para as concentrações nas folhas de cálcio (Ca) e magnésio (Mg) as análises de variância não detectaram significância.

Portanto, existe variabilidade para estudar as correlações genéticas e os efeitos direto e indireto, através da análise de trilha. Os coeficientes de variação experimental variaram de 9,84% para concentração de nitrogênio a 34,77% para reação à cercosporiose, demonstrando razoável precisão experimental.

As estimativas de coeficientes de correlação genética, obtidos, entre as características consideradas (tabela 2), apresentaram significância a 1% de probabilidade pelo teste t para todas as combinações, ou seja, as características reação à cercosporiose (RC), vigor vegetativo (VV), produção (P) e concentrações de nitrogênio, potássio e fósforo estão altamente associados ou correlacionados.

A reação à cercosporiose apresentou correlação genética significativa e positiva com produção e negativa para as demais características, ou seja, uma maior produção leva a maior incidência de cercosporiose, enquanto que o incremento do vigor vegetativo, da concentração, de nitrogênio, de potássio e de fósforo proporcionam menor incidência da doença (Tabela 2).

Tabela 1. Resumo das análises de variância para as características reação à cercosporiose (RC), vigor vegetativo (VV), produção (Pr) e as concentrações de nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg).

Fontes de Variação	GL	Quadrados Médios							
		RC	VV	Pr	N	K	P	Ca	Mg
Blocos	2	2,431	2,087	0,628	6,697	3,869	0,135	34,763	1,226
Genótipos	26	3,302**	3,490**	1,454*	10,001*	19,267**	0,119**	16,094 ^{ns}	0,674 ^{ns}
Resíduo	43	1,068	1,576	0,665	5,506	6,964	0,039	10,095	0,628
Média		2,97	6,28	5,81	23,84	11,64	1,01	16,82	4,19
CVe(%)		34,77	19,99	14,04	9,84	22,67	19,59	18,88	18,91

^{ns} não significativo; * Significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste F.

O vigor vegetativo apresentou correlação positiva com as concentrações de potássio, nitrogênio e fósforo e a produção mostrou relação ao contrário com estes nutrientes, o que já era esperado, pois cafeeiros com maior concentração de nutrientes, apresentará maior vigor vegetativo que também pode ser consequência de menor produção. A produção e o vigor vegetativo apresentaram-se negativamente correlacionadas, ou seja, um cafeeiro com maior produção leva a um menor vigor vegetativo (Tabela 2).

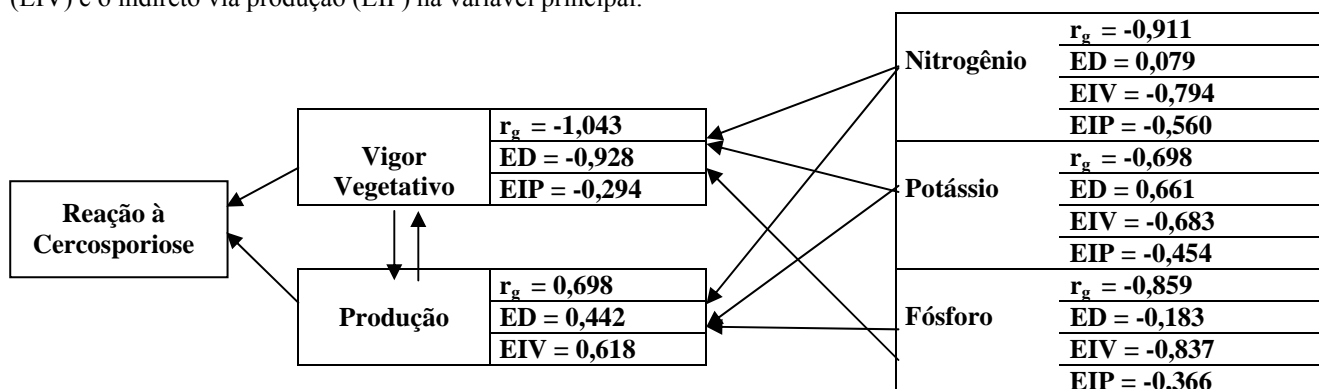
Tabela 2. Estimativas dos coeficientes de correlações genéticas entre as características reação à cercosporiose (RC), vigor vegetativo (VV), produção (Pr) e as concentrações de nitrogênio (N), potássio (K) e fósforo (P).

	RC	VV	Pr	N	K	P
RC						
VV		-1,043**	0,698**	-0,911**	-0,698**	-0,859**
Pr			-0,666**	0,855**	0,735**	0,902**
N				-1,268**	-1,037**	-0,829**
K					0,848**	1,142**
P						1,068**

** Significativo a 1% de probabilidade pelo teste t.

O estudo das correlações genéticas entre variáveis é de fundamental importância para o entendimento das associações existentes e indica quais variáveis podem ser utilizadas com maior eficiência na seleção indireta da variável principal. Porém, quando a variável principal apresenta correlações significativas com várias outras variáveis, um procedimento indicado é a utilização da análise de trilha, que indica entre as variáveis com correlações significativas com a variável básica, aquelas que possuem maiores efeitos diretos no sentido desejado.

Figura 1: Diagrama da análise de trilha considerando a reação à ferrugem como variável principal e são apresentados para cada variável explicativa a correlação genética com a reação à (r_g) e os efeitos direto (ED), indireto via vigor vegetativo (EIV) e o indireto via produção (EIP) na variável principal.



$R^2 = 1,077$; $K = 0,1099$; Efeito Variável Residual = 0

As variáveis concentração de nitrogênio e potássio apresentaram, de acordo com a análise de trilha, efeito direto na reação à cercosporiose com sinal ao contrário das correlações genéticas e a concentração de fósforo apresentou efeito direto no mesmo sentido da correlação genética, mas com valor muito baixo (Figura 1). Segundo Cruz & Regazzi (1997), caracteres que apresentam alta correlação com a variável básica, mas com efeito direto em sentido contrário, indica que aquele caráter não é o principal determinante das alterações da variável básica, havendo outros que poderão proporcionar maior eficiência em termos de seleção.

O vigor vegetativo e a produção apresentaram efeitos diretos no mesmo sentido e de altas magnitudes com a reação à cercosporiose (Figura 1), portanto, são variáveis com maior possibilidades de se obter sucesso na seleção indireta para reação à cercosporiose.

Portanto, o diagrama causal apresentado na Figura 1 demonstra que o desafio na seleção de progênies com maior resistência ou tolerância à cercosporiose é obter materiais genéticos que em um mesmo ano produtivo, produza bem e consiga manter o vigor vegetativo. As baixas concentrações de nitrogênio, potássio e fósforo são conseqüências de altas produções com nutrição insuficiente, proporcionando diminuição do vigor vegetativo com conseqüente aumento de susceptibilidade à cercosporiose. Como ainda não há identificação de fontes genéticas de resistência a esta doença, a utilização de características auxiliares no sentido de aumentar a resistência ou tolerância é de fundamental importância.

Com o intuito de identificar fontes de resistência à cercosporiose as comparações entre médias das progênies para as características reação à cercosporiose, vigor vegetativo e produção, estão apresentadas na Tabela 4. Foi possível separar dois grupos de progênies dentro de cada variável. O desafio é selecionar progênies pertencentes ao grupo das progênies que apresentaram menor incidência de cercosporiose e ao mesmo tempo serem componentes dos grupos das mais produtivas e vigorosas. Foi possível então identificar as progênies “Catuaí Sh3 – 5026 – 95 - 108”, “Catuaí Sh3 – 5028 – 95 - 124”,

Genótipos	Variáveis					
	RC		VV		Pr	
IAC 4721 – 99- 311 (der. Híbrido de Timor)	1,33	a	7,33	a	5,17	b
IAC 4721 – 99- 311 (der. Híbrido de Timor)	1,33	a	8,17	a	4,83	b
Catuaí Sh3 – 5026 – 95 - 108	1,67	a	7,50	a	5,83	a
IAC 4721 – 99- 360 (der. Híbrido de Timor)	2,00	a	7,33	a	5,17	b
“Catuaí Sh3 – 5023 – EP500 - 1021”	2,00	a	6,67	a	5,00	b
Catuaí Sh3 – 5028 – 95 - 124	2,00	a	7,83	a	6,50	a
Obatã Amarelo	2,00	a	7,33	a	5,00	b
IAC 4721 – 99- 3329 (der. Híbrido de Timor)	2,33	a	6,67	a	5,50	b
IAC 4726 – 99- 471 (der. Híbrido de Timor)	2,33	a	6,67	a	5,00	b
IAC 4730 – 99- 588 (der. Híbrido de Timor)	2,67	a	6,83	a	5,33	b
Catuaí Sh3 – 5027 – 95 – 117	2,67	a	6,83	a	7,33	a
IAC 4730 – 99- 598 (der. Híbrido de Timor)	3,00	a	6,67	a	5,00	b
Icatú CtCt Amarelo 4733 – 99 – 1687	3,00	a	6,67	a	6,33	a
Icatú x Catuaí Amarelo 4919	3,00	a	6,17	a	6,50	a
Obatã Amarelo IAC 1669-20	3,00	a	5,50	b	5,50	b
Catuaí x Híbrido de Timor 4922	3,33	b	5,83	b	6,50	a
Icatú CtCt Vermelho 4734 – 99 – 2020	3,67	b	4,83	b	6,00	a
Catuaí Sh3 – 5022 – 500 – 984	4,00	b	5,83	b	6,50	a
Ouro Verde IAC H 5010-5	4,00	b	4,50	b	5,83	a
Ouro Amarelo IAC 4397	4,00	b	5,17	b	6,67	a
Icatú CtCt Amarelo 4733 – 99 – 1792	4,33	b	5,00	b	6,00	a
Catuaí Sh3 – 5024 – 500 – 971	4,33	b	5,67	b	6,17	a
Catuaí Sh3 – 5025 – 500 – 1017	4,33	b	5,50	b	5,17	a
Icatú CtCt vermelho 5021 – 500 – 567	5,00	b	4,17	b	6,50	a

“Catuaí Sh3 – 5027 – 95 – 117”, Icatú CtCt Amarelo 4733 – 99 – 1687 e Icatú x Catuaí Amarelo 4919 (negrito) que se classificaram como mais resistentes à cercosporiose, mais produtivas e vigorosas (Tabela 3). Portanto, materiais genéticos derivados de “Catuaí Sh3” e “Icatú x Catuaí” são importantes fontes de resistência à cercosporiose.

Tabela 4. Comparação entre as médias das variáveis reação à cercosporiose (RC), vigor vegetativo (VV) e produção (Pr). Médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste Scott-Knott ($P \leq 0,05$).

Conclusões

- As variáveis vigor vegetativo e produção devem ser consideradas na seleção de materiais genéticos mais resistentes à cercosporiose.
- Os genótipos dos germoplasmas “Catuaí Sh3” e “Icatú x Catuaí” podem ser importantes fontes de resistência ou tolerância à cercosporiose.
- Nutrição suficiente e equilibrada pode levar a resistência induzida à cercosporiose.

Agradecimentos

À equipe de Melhoramento Genético de Café do Instituto Agronômico de Campinas (Centro de Café “Alcides Carvalho”).
À Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo (SAA/APTA) e ao Consórcio Brasileiro de Pesquisa e Desenvolvimento do Café pelo apoio financeiro.

Referências Bibliográficas

CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J. (1997). **Modelos Biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Editora UFV, 1997. 390p.

CRUZ, C.D. (2001). **Programa GENES – Aplicativo computacional em genética e estatística**. Editora UFV, Viçosa, 2001.

JÚNIOR, D.G.; POZZA, E.A.; POZZA, A.A.A.; SOUZA, P.E.; CARVALHO, J.G.; BALIEIRO, A.C. **Incidência e severidade da cercosporiose do cafeeiro em função do suprimento de potássio e cálcio em solução nutritiva**. Fitopatologia Brasileira 28(3), p.286-291, 2003.