

CORRELAÇÕES ENTRE CARACTERES AGRONÔMICOS EM BATATINHA (*Solanum tuberosum* L.)^{1/}

Luiz Roberto Martins Pinto ^{2/}

Akira Mizubuti ^{2/}

José Carlos Silva ^{3/}

Francisco Severo Guglielmelli Filho ^{4/}

Ricardo Frederico Euclides ^{5/}

1. INTRODUÇÃO

A produção é um caráter quantitativo, governado por muitos genes, os quais, governando também outras características na planta, causam sua associação com a produção. Dessa forma, o conhecimento das correlações entre os caracteres é de grande importância no direcionamento dos trabalhos de melhoramento de plantas. É possível, quando se seleciona para determinada característica, influenciar indiretamente a produção, o que permite alcançar, em alguns casos, resultados mais satisfatórios que os obtidos com a seleção direta para produção. No caso específico da batateira, esse método tem função auxiliar, uma vez que a seleção direta para produção pode ser facilmente realizada; contudo, pode ter importância maior na seleção de genótipos em condições ambientes desfavoráveis à tuberização, tais como calor excessivo e fotoperíodo inadequado.

^{1/} Parte da tese apresentada à Universidade Federal de Viçosa, pelo primeiro autor, como parte das exigências do Curso de Mestrado em Genética e Melhoramento, para obtenção do grau de «Magister Scientiae».

Recebido para publicação em 22-12-1981.

^{2/} Departamento de Fitotecnia da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

^{3/} Departamento de Biologia Geral da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

^{4/} Estação Experimental da EPAMIG. 37517 Maria da Fé, MG.

^{5/} Central de Processamento de Dados da U.F.V. 36570 Viçosa, MG.

Em batateira, algumas características têm sido estudadas e correlacionadas sobretudo com a produção, tais como altura de planta, número de hastes, número de tubérculos, etc.

MAITY e CHATTERJEE (6) observaram que o número de hastes, a altura e o número de tubérculos correlacionaram-se positivamente com a produção. Estimaram correlações simples, fenotípicas e genotípicas. As correlações simples, geralmente, apresentaram maior magnitude que as fenotípicas e as genotípicas; as correlações genotípicas foram maiores que as fenotípicas, exceto entre número de tubérculos por planta e altura de planta.

O número de tubérculos também se correlacionou positivamente com a produção, segundo MARIS (7) e NECHIPORCHUK e TIMOSHENKO (9), contrariando os resultados de GUPTA (2), que encontrou correlação negativa entre esses caracteres.

O número de hastes tem apresentado resultados semelhantes nos diferentes trabalhos, correlacionando-se positivamente com a produção (3, 9, 11), embora no trabalho de DAYAL *et alii* (1) essa correlação não tenha sido significativa.

O método de análise desenvolvido por WRIGHT (12, 13), que é, simplesmente, uma análise de regressão parcial padronizada, permite o desdobramento dos coeficientes de correlações em efeitos diretos e indiretos, determinando a importância relativa dos caracteres envolvidos na produção.

O coeficiente de trilha tem sido utilizado por melhoristas de trigo, soja, milho, feijão e outros para entender as relações de causa e efeito entre os componentes de produção e a produção propriamente dita. No caso da batateira, parece que esse método não tem sido utilizado, quando se procuram as relações entre os componentes de produção e a produção de tubérculos.

Os objetivos deste trabalho foram: 1) estimar as correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre oito caracteres agrônômicos e morfológicos da batateira e 2) desdobrar as correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente, determinando os caracteres de maiores influências diretas e indiretas na produção por planta.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. Instalação e Condução do Experimento

O experimento constou de dez variedades, dispostas em delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições e 20 plantas por parcela. Foi instalado em Maria da Fé, MG, na Estação Experimental da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG).

As características agrônômicas e morfológicas observadas foram: produção (gramas) total, número total de tubérculos, produção (gramas) de tubérculos especial-primeira (peso maior que 60 gramas), número de tubérculos especial-primeira, número de tubérculos não comerciáveis (abaixo da classificação «primeira»), produção (gramas) de tubérculos não comerciáveis, número total de hastes e altura de planta. Cada característica foi avaliada pela média de dez plantas por parcela, representando, portanto, um valor médio por planta.

2.2. Análises Estatísticas

Foram feitas análises de variância de cada um dos 8 caracteres estudados. As covariâncias foram obtidas a partir das análises da soma dos caracteres, agrupados dois a dois, e das análises individuais, uma vez que as esperanças dos produtos médios apresentam a mesma forma das respectivas esperanças dos quadros médios (8).

A partir das análises de variâncias e das estimativas das covariâncias foram estimadas a herdabilidade no sentido amplo, baseada nas médias das variedades, e as correlações fenotípicas (r_F), genotípicas (r_G) e de ambiente (r_E).

2.3. Desdobramento das Correlações pelo Método do Coeficiente de Trilha

O entendimento do método do coeficiente de trilha é facilitado pela formulação de um diagrama (Figura 1) que mostra a inter-relação das variáveis consideradas. Na construção desse diagrama, é convenção usar uma seta simples para indicar os efeitos diretos (P's) e uma seta bidirecional para indicar as correlações entre os fatores básicos (4, 5). Uma variável X, não correlacionada com as outras, é introduzida no diagrama para que seja possível a completa determinação da variável dependente («produção»).

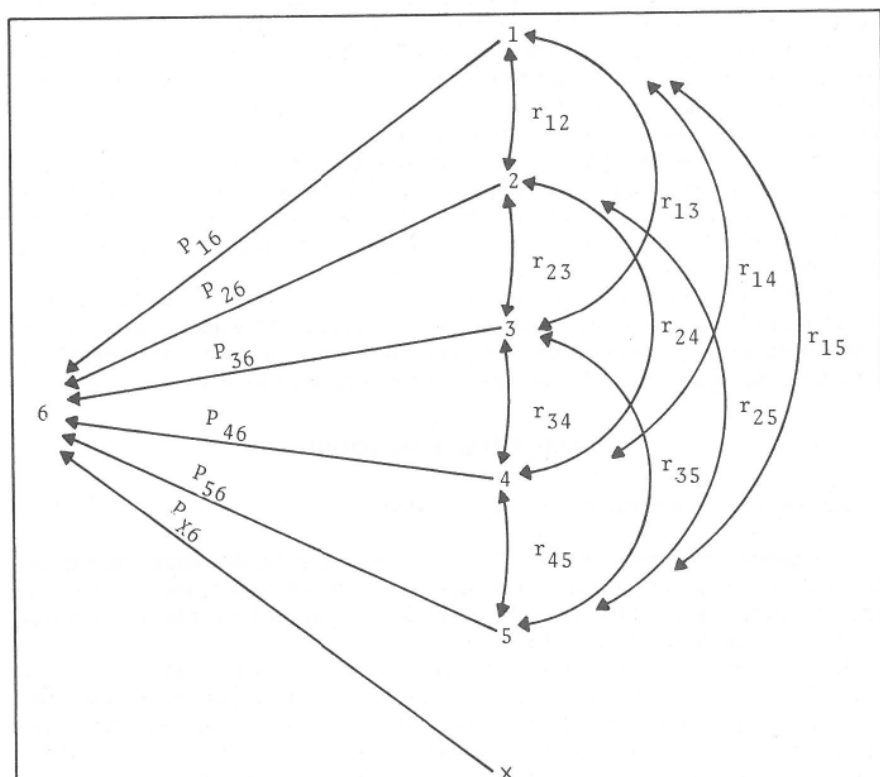


FIGURA 1 - Diagrama do sistema de causas e efeitos: 1 (número total de tubérculos), 2 (produção de tubérculos especial-primeira), 3 (número de tubérculos especial-primeira), 4 (produção de tubérculos não comerciáveis), 5 (número de tubérculos não comerciáveis) são causas correlacionadas com 6 (produção de tubérculos por planta), e X é o efeito residual não correlacionado.

Os coeficientes de trilha foram determinados com base nos seguintes caracteres:

1. número total de tubérculos
2. produção de tubérculos especial-primeira
3. número de tubérculos especial-primeira
4. produção de tubérculos não comerciáveis
5. número de tubérculos não comerciáveis
6. produção de tubérculos por planta

3. RESULTADO E DISCUSSÃO

3.1. *Análise de Variância e Herdabilidades*

As estimativas dos quadrados médios de variedade e erro, as médias, as herdabilidades no sentido amplo e os coeficientes de variação, para os caracteres estudados, são apresentados no Quadro 1.

As herdabilidades estimadas foram de magnitudes relativamente altas (> 67%), indicando boa possibilidade de progresso por seleção. Os coeficientes de variação foram baixos para a maioria dos caracteres, indicando boa precisão para experimentos conduzidos no campo.

3.2. *Correlações Fenotípicas, Genotípicas e de Ambiente*

As estimativas dos coeficientes de correlações genotípicas (r_G), fenotípicas (r_F) e de ambiente (r_E) são apresentadas no Quadro 2.

Os valores absolutos dos coeficientes de correlações superiores a 0,470 e 0,367 são significativos, aos níveis de probabilidade de 1% e 5%, respectivamente.

De modo geral, as correlações genotípicas foram maiores que as fenotípicas, indicando que a expressão fenotípica da associação entre os caracteres é reduzida pelas influências ambientais. Resultados semelhantes foram encontrados por MAITY e CHATTERJEE (6).

Ressalta-se, também, que a maioria das correlações de ambiente apresentou sinal idêntico ao das correlações fenotípicas e genotípicas correspondentes.

Os caracteres que apresentaram maiores correlações fenotípicas e genotípicas com a produção por planta, positivas e em ordem decrescente, foram: número de tubérculos especial-primeira, produção de tubérculos especial-primeira, número total de hastes, número total de tubérculos e altura de planta. DAYAL (1) e GUPTA (2) não encontraram correlação entre número de tubérculos e produção, ao contrário de outros autores (2, 3, 6, 7, 9, 10, 11). Correlação positiva e significativa entre altura de planta e produção também foi encontrada por alguns autores (2, 6, 7, 10), o que está de acordo com os resultados deste trabalho.

A produção de tubérculos especial-primeira apresentou correlações positivas e significativas com altura de planta, número de tubérculos especial-primeira e número total de hastes.

A correlação negativa entre os caracteres número de hastes e tubérculos maiores, verificada por SANDHU (11) e ZAAG (14), não concorda com os resultados deste trabalho, pois número de hastes correlacionou-se positiva e significativamente com produção de tubérculos especial-primeira (tubérculos maiores), correlação de menor magnitude, quando comparada com a correlação entre número de hastes e produção de tubérculos não comerciáveis (tubérculos menores). Contudo, o número de tubérculos especial-primeira apresentou maior correlação com número de hastes que o número de tubérculos não comerciáveis.

QUADRO 1 - Estimativas dos quadrados médios das variedades e do erro, coeficiente de variação, médias gerais e herdabilidades (h^2) dos caracteres estudados

Caracteres	Q.M.		C.V.	Média	h^2
	Variedade	Erro			
Produção por planta	66484,25	12815,85	16,79	674,425	0,807
Número total de tubérculos	38,47	3,69	14,50	13,265	0,904
Produção de tubérculos especial-primeira	60332,41	14910,11	23,81	512,925	0,753
Número de tubérculos especial-primeira	6,61	2,17	25,40	5,800	0,672
Produção de tubérculos não comerciáveis	11437,88	2524,25	31,10	161,525	0,779
Número de tubérculos não comerciáveis	20,15	2,95	22,99	7,465	0,854
Altura da planta	90,16	8,62	7,79	37,675	0,904
Número total de hastes	8,33	0,49	12,41	5,618	0,942

QUADRO 2 - Estimativas dos coeficientes de correlações genotípica (r_G) e fenotípica (r_F) e de ambiente (r_E) referentes aos 8 (oito) caracteres estudados. Os coeficientes de correlações genotípicas estão acima da diagonal

Caracteres	Cor	PP	PTE-1ª	NTE-1ª	PTNC	NTNC	NTT	ALT	NTH
PP			0,913	0,934	0,392	0,318	0,558	0,517	0,664
PTE-1ª	F E	0,911 0,912		0,596	-0,017	-0,053	0,176	0,570	0,450
NTE-1ª	F E	0,900 0,843	0,694 0,948		0,945	0,751	0,886	0,666	0,974
PTNC	F E	0,319 0,039	-0,101 -0,375	0,575 0,298		0,903	0,973	-0,019	0,613
NTNC	F E	0,261 -0,022	-0,100 -0,301	0,507 -0,280	0,858 0,680		0,972	-0,095	0,488
NTT	F E	0,562 0,623	0,215 0,458	0,782 0,516	0,860 0,298	0,934 0,678		0,171	0,691
A	F E	0,471 0,218	0,519 0,320	0,576 0,319	-0,058 -0,286	-0,108 -0,208	0,161 0,059		0,690
NTH	F E	0,615 0,338	0,405 0,216	0,808 0,242	0,552 0,237	0,479 0,452	0,682 0,589	0,626 0,144	

PP = produção por planta

PTE-1ª = produção de tubérculos especial-primeira

NTE-1ª = número de tubérculos especial-primeira

PTNC = produção de tubérculos não comerciáveis

NTNC = número de tubérculos não comerciáveis

A = altura de planta

NTH = número total de hastes

NTT = número de tubérculos não comerciáveis

O caráter altura de planta mostrou grande importância, pois correlacionou-se positivamente com produção por planta, produção de tubérculos especial-primeira e número de tubérculos especial-primeira, não apresentando correlação significativa com produção e número de tubérculos não comerciáveis, demonstrando grande valor como parâmetro de seleção antes da colheita. Altura de planta e número total de tubérculos não apresentaram correlação significativa, o que está de acordo com os resultados obtidos por MARIS (7).

O número total de tubérculos correlacionou-se positivamente com o número de tubérculos especial-primeira, porém o aumento daquele não deixa de aumentar a produção e o número de tubérculos não comerciáveis, com os quais se correlacionou positivamente.

Diante do exposto, observa-se que as plantas deveriam ser selecionadas pela produção de tubérculos especial-primeira ou pelo número de tubérculos especial-primeira, o que aumentaria a produção por planta, embora aumentasse também o número e a produção de tubérculos não comerciáveis. Outro caráter de grande importância é a altura da planta, por sua correlação positiva, genotípica e fenotipicamente, com a produção e com o número de tubérculos especial-primeira.

3.3. *Análise de Trilha*

Pelo desdobramento das correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre a produção por planta e os caracteres número total de tubérculos, produção de tubérculos especial-primeira, número de tubérculos especial-primeira, produção de tubérculos não comerciáveis e número de tubérculos não comerciáveis, podem-se estimar os efeitos diretos e indiretos de cada um desses caracteres na produção por planta.

O desdobramento dos coeficientes de correlações genotípicas, fenotípicas e de ambiente é apresentado no Quadro 3.

A maior contribuição da produção de tubérculos especial-primeira refere-se ao seu efeito direto, uma vez que seus efeitos indiretos foram de baixo valor. O efeito direto explica, portanto, a alta correlação existente entre a produção por planta e a produção de tubérculos especial-primeira. Pode-se, dessa forma, concluir que esse caráter é ótimo parâmetro para fins de seleção. O comportamento desse caráter foi semelhante no desdobramento das correlações fenotípicas e genotípicas, o que evidencia sua importância prática.

O caráter número de tubérculos especial-primeira não teve efeito direto importante. No entanto, seus efeitos indiretos positivos, via produção de tubérculos especial-primeira e produção de tubérculos não comerciáveis, de relativa importância, fizeram com que sua correlação com a produção por planta fosse positiva, alta e significativa. Esse caráter mostrou ser de importância para seleção somente quando associado à seleção conjunta para produção de tubérculos especial-primeira.

O número total de tubérculos apresentou baixo efeito direto negativo, apresentando, porém, efeitos indiretos positivos, via produção de tubérculos especial-primeira e produção de tubérculos não comerciáveis, o que explica a alta e positiva correlação fenotípica com a produção por planta. No desdobramento da correlação genotípica, o número total de tubérculos teve efeito direto negativo e de relativa importância, reduzindo os efeitos indiretos, via produção de tubérculos especial-primeira, número de tubérculo especial-primeira, número de tubérculos não comerciáveis e, sobretudo, produção de tubérculos não comerciáveis. De acordo com esse comportamento, uma seleção para número total de tubérculos tenderia a aumentar mais a produção de tubérculos não comerciáveis que a produção de tubérculos especial-primeira, em razão do menor efeito indireto na produção.

QUADRO 3 - Análise de trilha: desdobramento das correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente em componentes de efeitos diretos e indiretos para os seguintes pares de caracteres: produção por planta (PP) vs produção de tubérculos especializados (PTE-1^a); número total de tubérculos (NTT) vs produção de tubérculos especializados (NTE-1^a); produção de tubérculos especializados (NTC) vs produção de tubérculos especializados (NTC-1^a); número de tubérculos não comerciais (NTNC) vs número de tubérculos não comerciais (NTNC-1^a).

Modo de Ação	Fenotípica			Genotípica			Ambiente	
	Efeito direto (P)	Efeito indireto (P x r)	Correlação (r)	Efeito direto (P)	Efeito indireto (P x r)	Correlação (r)	Efeito direto (P)	Efeito indireto (r)
PP x NTT								
Efeito direto	-0,096924			-0,361572			1,890427	
Efeito indireto via PTE-1 ^a		0,204999			0,161870			0,491336
Efeito indireto via NTE-1 ^a		0,030833			0,114279			-0,744773
Efeito indireto via PNC		0,357634			0,402783			0,131979
Efeito indireto via NNC		0,064988			0,240271			-1,143277
Total			0,562			0,558		0,626
PP x PTE-1 ^a								
Efeito direto	0,953485			0,919716			1,072917	
Efeito indireto via NTT		-0,020830			-0,063637			0,665816
Efeito indireto via NTE-1 ^a		0,027364			0,548161			-1,368304
Efeito indireto via PNC		-0,042001			-0,007037			-0,166081
Efeito indireto via NNC		-0,006958			-0,013101			0,507561
Total			0,911			0,913		0,912
PP x NTE-1 ^a								
Efeito direto	0,039429			0,128983			-1,443359	
Efeito indireto via NTT		-0,075775			-0,320353			0,975460
Efeito indireto via PTE-1 ^a		0,661719			0,548161			1,017125
Efeito indireto via PNC		0,239115			0,391192			-0,178481
Efeito indireto via NNC		0,035277			0,185641			0,472150
Total			0,900			0,934		0,843

Continua ...

Continuação...

QUADRO 3 - Análise de trilha: desdobramento das correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente em componentes de efeitos diretos e indiretos para os seguintes pares de caracteres: produção por planta (PP) vs produção de tubérculos especializados-primeira (PTE-1^a); número total de tubérculos (NTT), número de tubérculos especial-primeira (NTE-1^a), produção de tubérculos não comercializáveis (PTNC) e número de tubérculos não comercializáveis (NTNC)

Modo de Ação	Fenotípica			Genotípica			Ambiente		
	Efeito direto (P)	Efeito indireto (P x r)	Correlação (r)	Efeito direto (P)	Efeito indireto (P x r)	Correlação (r)	Efeito direto (P)	Efeito indireto (r)	Correlação (r)
PP x PTNC									
Efeito direto	0,415853			0,413960			0,442882		
Efeito indireto via NTT		-0,083355			-0,351810			0,563347	
Efeito indireto via PTE-1 ^a		-0,096002			-0,015635			-0,402314	
Efeito indireto via NTE-1 ^a		0,022672			0,121889			0,561674	
Efeito indireto via NTNC		0,059700			0,223214			-1,146643	
Total			0,319			0,392			0,039
PP x NTNC									
Efeito direto	0,069580			0,247192			-1,685249		
Efeito indireto via NTT		-0,090527			-0,351448			1,291710	
Efeito indireto via PTE-1 ^a		-0,095349			-0,048745			-0,322948	
Efeito indireto via PTE-1 ^a		0,019991			0,096866			0,404141	
Efeito indireto via PTNC		0,356802			0,373805			0,301160	
Total			0,261			0,318			0,022
Efeito residual (X)	0,000000			0,343611			0,031623		
R ² 6(1,2,3,4,5)									
R ² 6x	1,000				0,882			0,999	
P ² 6x	0,000				0,118			0,001	

O desdobramento da correlação fenotípica entre produção por planta e produção de tubérculos não comerciáveis mostrou que essa correlação foi causada, principalmente, pelo efeito direto, uma vez que os efeitos indiretos, via outras variáveis do sistema considerado, não tiveram importância. No desdobramento da correlação genotípica, o efeito direto positivo, o efeito indireto via número de tubérculos não comerciáveis, também positivo, e o efeito indireto via número total de tubérculos, com valor negativo, explicaram a baixa correlação entre produção por planta e produção de tubérculos não comerciáveis.

A correlação entre produção por planta e número de tubérculos não comerciáveis foi baixa, tanto fenotípica quanto genotipicamente. Fenotipicamente, foi explicada pelo efeito indireto positivo, via produção de tubérculos não comerciáveis; genotipicamente, pelo seu efeito direto positivo, uma vez que o efeito indireto negativo, via número total de tubérculos, foi compensado pelo efeito indireto positivo, via produção de tubérculos não comerciáveis.

O desdobramento das correlações de ambiente evidencia a importância dos efeitos diretos e indiretos, de modo geral. O caráter produção de tubérculos especial-primeira apresentou efeitos positivos diretos e indiretos, via número total de tubérculos, e efeito indireto negativo, via número de tubérculos especial-primeira.

O valor relativo dos efeitos diretos e indiretos no desdobramento das correlações de ambiente evidencia a importância do ambiente na determinação da produção de tubérculos por planta.

Os coeficientes de determinação fenotípicos, genotípicos e de ambiente para o caráter produção por planta, com base nas variáveis consideradas, apresentaram valores elevados, a saber: $R^2_{6(1,2,3,4,5)} = 1,000, 0,882 \text{ e } 0,999$, respectivamente. Diante disso, pode-se dizer que 88,2% da variação da produção por planta foram explicados, genotipicamente, pelas variáveis consideradas e os 11,8% restantes pela variável residual.

4. RESUMO

Utilizando dez cultivares de batata do Ensaio Nacional de Cultivares de Batata, estimaram-se as correlações fenotípicas, genotípicas e de ambiente entre oito caracteres agrônômicos e morfológicos, as quais, posteriormente, foram desdobradas em efeitos diretos e indiretos, pela análise de trilha («path coefficient»). O caráter produção por planta apresentou correlações genotípicas e fenotípicas positivas com produção de tubérculos especial-primeira, número de tubérculos especial-primeira, número total de hastes, altura de planta e número total de tubérculos. A produção de tubérculos especial-primeira apresentou correlações genotípicas e fenotípicas significativas e positivas com altura de planta e número de tubérculos especial-primeira.

O desdobramento das correlações fenotípicas e genotípicas mostrou a importância do efeito direto positivo do caráter produção de tubérculos especial-primeira na produção por planta, evidenciando sua importância prática em programas de seleção. Os caracteres produção de tubérculos especial-primeira, número de tubérculos especial-primeira, número total de tubérculos, produção de tubérculos não comerciáveis e número de tubérculos não comerciáveis explicaram, genotipicamente, 88,2% da variação do caráter produção por planta.

5. SUMMARY

The genotypic, phenotypic and environmental correlations were estimated among 8 characteristics for ten potato varieties from the National Yield Trial.

These correlations were subdivided into direct and indirect effects using path coefficient analysis. Yield per plant was found to be correlated with: number and weight of tubers larger than 60 g; number of stems; plant height; and, total number of tubers.

The path analysis showed a large, positive, direct effect of the yield of tubers larger than 60 g on production per plant. This indicates a useful trait in a selection program.

Number and yield of tubers of more than 60 g, total number of tubers, and number and yield of tubers smaller than 60 g, explained 88.2% of the genotypical variation in the trait of yield per plant.

6. LITERATURA CITADA

1. DAYAL, T.R., UPADHYA, M.D., MALHOTRA, V.P. & MEHRA, K.L. Heritability and correlation in yield and other quantitative characters in potato (*Solanum tuberosum* L.). *Indian J. Agri. Sci.*, 42:464-6, 1972.
2. GUPTA, S.K. Correlation studies in potato variety K-122. *Andhra Agric. J.* 16:58-60, 1969. In: *Field Crop Abstracts* 24(1), 985, 1971.
3. IRIANI, W.M., THORNTON, R., WELLER, L. & O'LEARY, G. Relationships of seed size, spacing, stem numbers to yield of Russet Burbank potatoes. *American Potato J.* 49:463-9, 1972.
4. LI, C.C. The concept of path coefficient and its impact on population genetics. *Biometrics*, 12:190-210, 1956.
5. LI, C.C. *Path analysis — a primer*. Pacific Grove, The Boxwood Press, 1975. 346 pp.
6. MAITY, S. & CHATTERJEE, B.N. Growth attributes of potato and their inter-relationship with yield. *Potato Res.* 20:337-41. 1977.
7. MARIS, B. Studies on maturity, yield, under water weight and some other characters of potato progenies. *Euphytica* 18:297-319, 1969.
8. MODE, C.J. & ROBINSON, H.F. Pleiotropism and the genetic variance and covariance. *Biometrics*, 15:518-37, 1959.
9. NECHIPORCHUK, I.D. & TIMOSHENKO, I.J. On the problem of the variability in character correlation in intervarietal hybrids of potato. *Referativnye Zhurnal* 10.55.229, 1971. In: *Plant Breeding Abstracts* 43(12), 9.780, 1973.
10. ONKAR, S. Correlation of some plant characters with yield of potato. *Indian J. Hort.* 28(4):301-2, 1971. In: *Biological Abstracts* 56(2), 8412. 1973.
11. SANDHU, H.S. Correlations studies in potato. *Indian J. Hort.* 27:164-6, 1970. In: *Biological Abstracts*. 54(10),56.117, 1972.

12. WRIGHT, S. Correlation and causation. *J. Agric. Res.*, 20: 557-85, 1921.
13. WRIGHT, S. The method of path coefficients. *Annals of Mathematical Statistics*. 5:161-215, 1934.
14. ZAAG, D.F. van der. *Potatoes and their cultivation in the Netherlands*. Wageningen, Research Station for Arable Farming, 1973. 72 p.