

EFICIÊNCIA DA SELEÇÃO DE PLANTAS DE BERTALHA (*Basella alba* L. syn. *B. rubra*) PARA RESISTÊNCIA A NEMATÓIDES (1).

Waldelice Oliveira de Paiva ²

RESUMO:

Por meio de observações fenotípicas, em condições de infestação natural e com o uso de inoculações artificiais, avaliou-se a resistência de plantas de bertalha (*Basella alba* L. syn. *B. rubra*) ao ataque de nematóides formadores de galhas, pertencentes ao complexo *Meloidogyne*. Duas linhas, classificadas como resistentes (R), constituíram o material selecionado. A comparação destas plantas com o material original (INPA-1) revelou que, no material selecionado, houve um aumento na porcentagem de plantas "R", isto é, com ausência de galhas nas raízes e decresceu a porcentagem das demais classes. O material selecionado apresentou ainda diferenças significativas para maior produção (ramos e folhas), quando comparadas com o material original. Para que a seleção tenha maior eficácia, sugere-se que seja usada uma população com variabilidade mais ampla, natural ou obtida por recombinação genotípica entre plantas dentro da população.

INTRODUÇÃO:

Os nematóides causadores de galhas são comuns nos solos tropicais, principalmente em áreas com solos claros e textura leve. O maior obstáculo para a produção adequada de alimento em muitas nações em desenvolvimento é citado por

Sasser (1980) como devido aos nematóides parasitas de plantas, especialmente do grupo causadores de galhas, pertencentes ao gênero *Meloidogyne* e, os prejuízos advindos de perdas nas produções no cultivo de espécies suscetíveis é considerável.

Estes parasitas também atacam a Bertalha (*Basella alba* L. syn. *B. rubra*), um espinafre tropical, ocasionando a deformação das raízes e impedindo o desenvolvimento vegetativo da planta (Robbs, 1972).

O controle químico dos nematóides somente é econômico às culturas de alto valor comercial, enquanto que as culturas de menor valor, como as hortaliças, poderiam ser beneficiadas pelo uso de variedades resistentes, já que este parece ser o método de controle mais eficiente e econômico.

Atualmente, muitos trabalhos de seleção para resistência a nematóides são encontrados em espécies olerícolas como o tomate, pimenta e batata (Gilbert et al., 1969; Hare, 1957 e Kurt et al., 1972). Entretanto, nas espécies de menor importância, pouco é conhecido acerca dos mecanismos de resistência. O co-

1) Trabalho integrante do projeto financiado pelo POLAMAZÔNIA/CNPq.
2) Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia — INPA, Manaus, AM.

nhecimento destes mecanismos, bem como da herança de resistência segundo Allard (1971), proporcionar meios adequados para que o melhoramento fosse mais eficaz.

O objetivo deste trabalho é avaliar e selecionar plantas de berta-lha isentas de sintomas procurando aumentar a frequência de plantas sadias na população, assim como observar os efeitos desta seleção no material trabalhado em relação à população original.

MATERIAL E MÉTODOS:

Este estudo foi conduzido em duas etapas: primeiro, efetuou-se a seleção e avaliação das plantas em condições de infestação natural e artificial; depois, comparou-se o ganho observado com a seleção para os caracteres "Ausência de sintomas e Produção de matéria fresca (ramos e folhas)".

a) Seleção do Material

A população trabalhada constitui-se de plantas de berta-lha provenientes do município amazonense de Lábrea, denominada de INPA-1. O reconhecimento de plantas suscetíveis a nematóides foi feito por meio da avaliação fenotípica das raízes de plantas individuais.

Em abril de 1980 foi iniciado o programa de seleção numa população de 1600 plantas, cujo plantio foi efetuado na Estação Experimental de Olericultura do INPA na Rodovia AM-010, em solo arenoso,

de baixa fertilidade e com infestação natural de nematóides. Decorridos 60 dias do transplante para o campo, as plantas foram arrancadas e observada a presença de galhas nas raízes. Num total de 160 plantas que apresentaram nenhum sintoma foram propagadas vegetativamente e posteriormente após a coleta das sementes as plantas sofreram novo processo de avaliação, restando no final 16 plantas com ausência de sintomas.

Com as sementes coletadas das 16 plantas selecionadas, instalou-se um experimento utilizando-se a inoculação artificial de nematóides no solo. A semeadura foi efetuada em outubro de 1980, em sementeiras previamente tratadas com brometo de metila, e em novembro foram transplantadas para o local do Experimento.

Desta forma, do material original (INPA-1), foram retiradas 16 linhagens e testadas sob um delineamento experimental de blocos casualizados com esquema fatorial 17 x 3 (linhagens x épocas de avaliação) nos tratamentos com duas repetições. Consideraram-se fixos os efeitos de tratamentos (Steel & Torrie, 1960).

A solução inoculante, foi obtida por trituração das raízes de berta-lha infestadas em condições naturais, e constituída de um complexo de espécies do gênero *Meloidogyne*. A inoculação foi efetuada aos quarenta e cinco dias após o transplan-

tio e cada metro de canteiro recebeu um volume constante de solução.

As leituras dos sintomas foram efetuadas aos 30, 45 e 60 dias após inoculação, sendo as plantas retiradas do solo sem danificar o sistema radicular, lavadas, e efetuada a contagem do número de galhas existentes. De acordo com o número de galhas, atribuíram-se notas, utilizando-se a escala de Lopes-Rosa (1974) introduzindo-se algumas modificações. Posteriormente, para fins de análise, os dados foram transformados para porcentagem de ausência de sintomas nas raízes, obedecendo ao critério abaixo:

O experimento foi instalado na Estação Experimental de Olericultura do INPA, obedecendo ao delineamento em blocos ao acaso com parcelas sub-divididas, sendo as parcelas formadas com os materiais a serem testados e as sub-parcelas com condução cultural plantas com poda do ápice "C. P." e sem poda "S. P." em quatro repetições e 12 plantas por sub-parcela. A adubação constou de um litro de esterco por metro quadrado de canteiro.

O teste, entre o material selecionado e o original (INPA-1), foi efetuado, avaliando-se os caracteres ausência de galhas nas raízes (em porcentagem) e produção (peso

Escala Descritiva		Nº de Galhas nas Raízes	Grau	Ausência de Sintomas (%)
Ausência de sintomas	(R)	0	0	100
Moderadamente resistente	(M.R.)	1 a 15	1	75
Moderadamente suscetível	(M.S.)	16 a 25	2	50
Suscetível	(S)	26 a 35	3	25
Altamente suscetível	(A.S.)	> 35	4	0

Para efeito de análise, os dados de porcentagem foram transformados em $\text{arc. sen.} \sqrt{\%}$, segundo recomendação de Bartlett, (1947).

b) Comparação entre os materiais

A avaliação do material selecionado e o material original foi efetuada no período de cultivo entre os meses de agosto a novembro de 1981.

fresco de ramos e folhas), obtidos em três cortes (Paiva, 1979).

A análise de variância para o caráter produção/planta obedeceu a metodologia descrita por Pimentel Gomes (1978) e para ausência de galhas (%) utilizou-se a mesma metodologia do ítem a.

RESULTADOS E DISCUSSÃO:

Na tabela 1 estão mostrados os valores dos quadrados médios da

análise de variância para o caráter ausência de galhas (%). Constatou-se diferenças estatísticas para tratamentos, linhagens e épocas de avaliação, indicando haver diferenças de comportamento entre tratamento em relação ao caráter avaliado. A ausência de significação estatística para a interação Linhagens x Época de avaliação, indicam que as linhagens apresentavam o mesmo comportamento nas três épocas em que foram avaliadas.

à infestação de nematóides/época de avaliação, estas duas linhagens foram classificadas como resistentes (R), as demais moderadamente resistentes (M. R.) e a testemunha INPA-1 se enquadrando como moderadamente suscetível (M. S.).

A formação de galhas avaliadas aos 30, 45 e 60 dias após a inoculação, com algumas exceções, teve baixo incremento. Este fato, é indicativo de que o intervalo entre as

TABELA 1 — Análise de variância para o caráter ausência de sintomas (%) em bertalha (*Basella alba* L. syn. *B. rubra*). Manaus, AM. 1980.

Fonte de Variação	G. L.	Q. M.
Blocos	1	317,647 n.s.
Tratamentos	50	551,074 *
Linhagens (L)	16	449,449 *
Épocas (E)	2	7.969,853 *
L x E	32	138,212 n.s.
Resíduo	50	139,828

$\bar{x} = 70,294$

c.v. % = 16,826

transformação: arc. sen $\sqrt{\%}$

n.s: Não significativo

* : $P < 0,05$

Os valores médios da ausência de sintomas por linhagem, são apresentados na Tabela 2. Entre todas as linhagens, duas se destacaram pela menor incidência de ataque (1.02 e 1.30), com diferenças estatisticamente significantes a 0,05 de probabilidade pelo teste t em relação à testemunha. De acordo com o grau de reação das linhagens

avaliações deve ser maior, aumentando assim a probabilidade de detectar-se as linhagens suscetíveis, pois haverá maior tempo de exposição das raízes ao patógeno. Para maior segurança na caracterização das linhagens resistentes, deve-se efetuar maior número de avaliações, considerando a dificuldade em classificá-las em avaliações individuais.

O material selecionado, obtido pela mistura de sementes das linhagens 1.02 e 1.30 foi submetido a nova avaliação, desta vez em condições de infestação natural, e na Figura 1 observa-se o estado sanitário de uma raiz do material selecionado ao lado de outra de uma linhagem suscetível.

Os quadrados médios da análise de variância para os caracteres ausência de sintomas (%) e produção (peso fresco de ramos e folhas), por planta, constam na Tabela 3.

Detectaram-se diferenças significativas entre o material original e o selecionado para condução cultural, e para interação materiais x condução cultural. A produção foi estatisticamente significativa para materiais, condução cultural e interação materiais x condução cultural.

A comparação entre as médias, efetuada ao nível de 0,05 de probabilidade pelo teste "t", é apresentada na Tabela 4. Observa-se que a ausência de sintomas foi sensivelmente mais elevada no material selecio-

TABELA 2 — Porcentagem de raízes com ausência de sintomas aos 30, 45 e 60 dias, porcentagem média e caracterização da reação de ataque de nematóides em raízes de bertalha (*Basella alba* L. syn. *B. rubra*). Manaus, AM. 1980.

Materiais	Raízes isentas de sintomas/época de avaliação (dias)			Isentas \bar{x}	Reação
	30	45	60		
Testemunha (INPA-1)	75,0	67,5	67,5	66,7	M.S.
Linhagens					
1.11	100,0	100,0	67,5	87,5	M.R
2.22	100,0	67,5	87,5	83,3	M.R
4.23	100,0	75,0	67,5	79,2	M.R
1.06	100,0	75,0	67,5	79,2	M.R
5.25	100,0	75,0	75,0	75,0	M.R
5.22	100,0	75,0	75,0	83,3	M.R
1.02	100,0	100,0	75,0	91,7 *	R
5.31	100,0	100,0	50,0	83,3	M.R
6.21	100,0	67,5	58,4	66,7	M.S
4.35	100,0	67,5	67,5	75,0	M.R.
2.16	100,0	100,0	67,5	87,5	M.R
4,22	100,0	75,0	75,0	83,3	M.R
1.10	100,0	67,5	67,5	75,0	M.R
1.08	100,0	75,0	75,0	83,3	M.R
1.30	100,0	100,0	100,0	100,0 *	R.
5.21	100,0	100,0	67,5	87,5	M.R

* Significativo em relação à testemunha (INPA-1), ao nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste t.

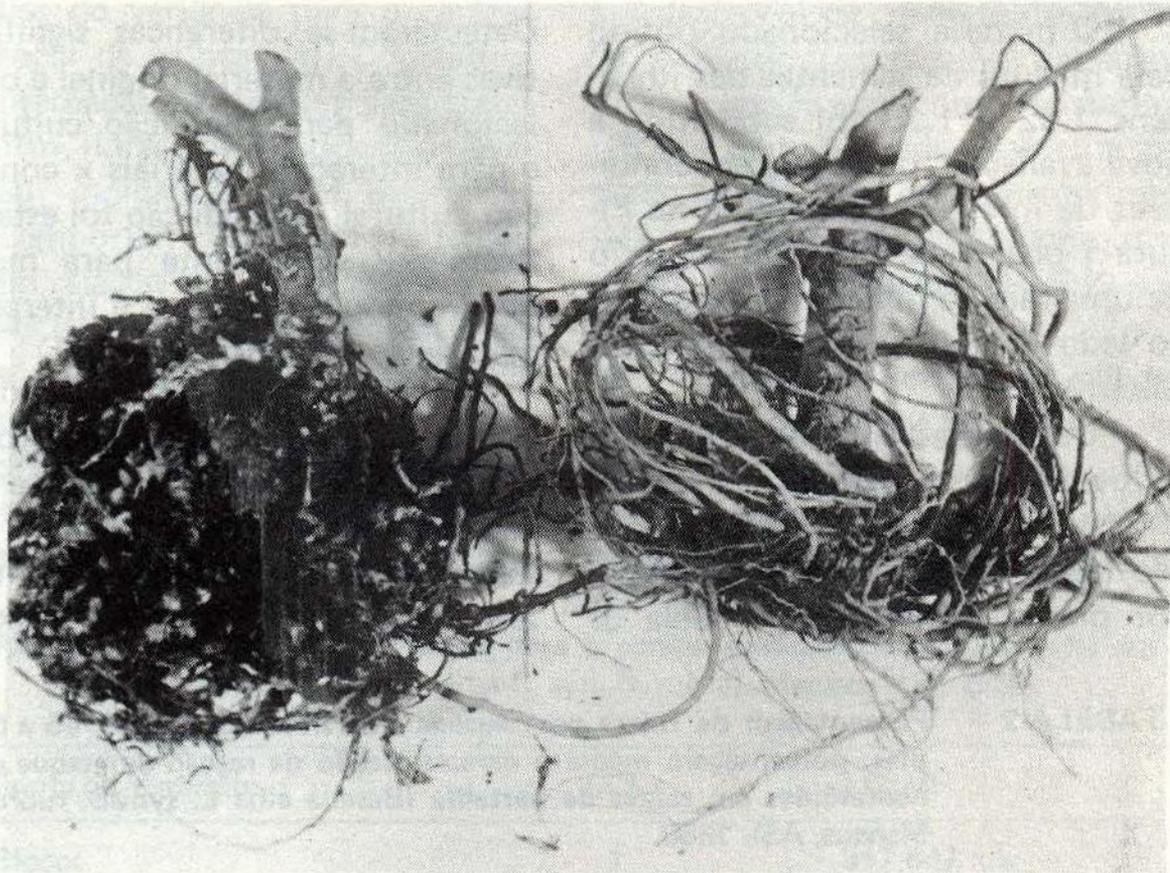


Fig. 1 — Raízes de beralha (*Basella alba* L. syn. *B. rubra*) parasitadas com nematóides (esquerda) e ausentes de sintomas (direita).

nado, em relação à média do material original (INPA-1), apresentando diferenças estatísticas significativas. Entretanto, as avaliações demonstraram que o material selecionado, apesar de ter sido originado de linhagens fenotipicamente resistentes, ainda apresentou todos os níveis de infestação. Como se pode observar pela Tabela 5, no material selecionado, houve um sensível aumento na porcentagem de plantas em que as raízes estavam ausentes de sintoma (R) e uma redução de plantas com maiores níveis de infestação. Provavelmente indicando uma herdabilidade razoável para a resistência a nematóides.

O controle genético da resistência aos nematóides parece ser, na maioria das espécies estudadas, governado por genes maiores, porém nem sempre dominantes, encontrando-se também em algumas espécies a presença de genes complementares ou modificadores (McGuire et al., 1961; McFarlane et al., 1946). De acordo com Mackie, (1934), a resistência é primariamente uma característica da planta hospedeira. Contudo, a expressão dos sintomas e desenvolvimento do parasita, são grandemente influenciados pelas condições ambientais, bem como pela idade do hospedeiro, tornando-o, mais ou

TABELA 3 — Análise de variância para os caracteres Ausência de Sintomas (%) e Produção (ramos e folhas) em bertalha (Basella alba L. syn. B. rubra). Manaus, AM. 1981.

Fonte de Variação	G. L.	Q. M.	
		Ausência de sintomas (%)	Produção g/planta.
Blocos	3	239,063	6.285,13
Materiais (M)	1	2.376,563 *	337.079,13 *
Resíduo a	1	201,563	11.064,13
Parcela	3		
Condução Cultural (C)	1	689,063 n. s	163.138,38 *
M x C	1	126,563 n. s	22.090,88 *
Resíduo b	6	182,813	1.911,29
\bar{x}		74,063	481,875
C. Va %		19,169	21,83
C. Vb %		18,256	9,07
transformação:		arc. sen $\sqrt{\quad}$ %	
n. s — não significativo			
* — P < 0,05			

TABELA 4 — Ausência de sintomas nas raízes (%) e Produção (ramos e folhas) em dois diferentes tratamentos: Plantas com poda (C. P) e sem poda (S. P), em bertalha (Basella alba L. syn. B. rubra). Manaus, AM. 1981.

Materiais	Ausência de sintomas (%)			Produção (g/planta)		
	C.P.	S.P.	\bar{x}	C.P.	S.P.	\bar{x}
Original (INPA-1)	81,81 n.s	81,06 n.s	81,43*	492,7 n.s	474,5	336,6
Selecionado	92,84 n.s	96,32 n.s	94,58	691,3 n.s	627,3*	627,2*
\bar{x}	87,33 n.s	88,69 n.s		380,76	583,30*	
n.s — não significativo						
* — significativo a 0,05 de probabilidade pelo teste "t".						

TABELA 5 — Escala descritiva do nível de ausência de sintomas e o ganho verificado com a seleção em bertalha (*Basella alba* L. syn. *B. rubra*). Manaus, AM. 1981.

Escala descritiva	Valores atribuídos		Plantas sadias (%)		
		Ausência de Sintomas (%)	Original	Selecionado	Ganho
Resistente	(R)	100,0	31,25	70,63	+ 39,38
Moderadamente resistente	(M.R.)	75,0	42,71	17,39	- 25,32
Moderadamente suscetível	(M.S.)	50,0	11,46	8,7	- 2,76
Suscetível	(S)	25,0	10,41	2,17	- 8,24
Altamente suscetível	(A.S.)	0,0	4,16	1,09	- 3,07

menos, resistente (Loos, 1935 e Barros, 1940). Os resultados obtidos sugerem que em bertalha é encontrada uma resistência relativa, onde a seleção fenotípica de plantas resistentes conduziu a formação de um material com maiores níveis de resistência. Tais observações estão de acordo com Hare (1965), que sugere ser a resistência a nematóides também proporcionada por uma maior frequência de resistência relativa (de graus) em relação à encontrada para outros patógenos.

O fato de ter sido observado tal tipo de resistência em bertalha, demonstra a possibilidade de que a resistência seja, possivelmente, de herança poligênica, enquadrando-se, portanto, dentro dos conceitos atualmente aceitos para resistência horizontal. Eskes, (1980) cita que a resistência horizontal tem expressão altamente variável e que geralmente se mostra parcial ou não completa. Entretanto, é inviável, com base nos

conhecimentos atuais ser taxativo em correlacionar o caráter de resistência parcial com a resistência horizontal, para isso, é necessário se obter mais informações deste assunto e que respaldem melhor as hipóteses levantadas neste trabalho.

Desta forma, para que o processo seletivo seja mais eficaz sugere-se que o material a ser utilizado contenha maior variabilidade obtida de maior número de plantas da população, ou por meio da recombinação genotípica entre plantas dentro da população.

Na avaliação da produção (ramos e folhas) em três cortes consecutivos, o material selecionado também foi superior e diferiu significativamente do original (Tabela 4). Maior quantidade de massa verde também foi encontrada em trevo (*Trifolium pratense*) segundo Williams & Barclay (1972), as variedades resistentes a nematóides são mais produtivas, quando cultivadas

em solos infestados, do que outros trevos suscetíveis. Tais aumentos são explicados pelo fato de que as raízes, de plantas com menores níveis de infestação, têm possibilidades de melhor desempenho de suas funções proporcionando maior incremento da parte aérea (Guiran & Netscher, 1970).

A poda do ápice das plantas não foi eficiente em aumentar a produção e apresentou valores inferiores aos apresentados por plantas não podadas. Observa-se que a significância encontrada para a interação entre materiais x condução cultural, foi devida a maior produção do material selecionado nas sub-parcelas em que não foi efetuada a poda.

CONCLUSÕES:

— A seleção fenotípica aumentou a frequência de plantas resistentes ao ataque de nematóides causadores de galhas.

— A produção de ramos e folhas, dados acumulados em três cortes, foi maior para plantas do material selecionado.

— O incremento de plantas, classificadas como resistentes (R) e moderadamente resistentes (M.R.), no material selecionado sugere que a resistência a nematóides em berta-lha, deve ser de herança poligênica e do tipo horizontal.

SUMMARY

The resistance of vespinach (*Bassella alba* L. syn. *B. rubra*) to wild and artificial inoculation of root-knot nemato-

des (*Meloidogyne* sp.) was evaluated. Two lines were selected as being resistant and were compared with the original material (INPA-1). There was a significant increase in the percent of plants showing an absence of root galls and better production. It is suggested that populations with greater natural variability be used for further improvement.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLARD, R. W.

1971 — **Princípios de Melhoramento Genético das Plantas**. Trad. Principles of Plant Breeding: USAID — Rio de Janeiro. 381 p.

BARRONS, K. C.

1940 — Root-knot resistance in beans. *J. Hered.*, 31: 35-38

BARTLET, M. S.

1947 — The use of transformations *Biometrics*, Washington, 3: 39-52.

ESKES, A. B.

1980 — Bases genéticas da resistência horizontal a patógenos em plantas. *Ciência e Cultura*, 32 (11) 1464-1472.

GILBERT, J. C.; Brewbaker, J.L.; Tanaka, J. S.; Chinn, J. T. Hartmann, R. W.; Crozier, J. A. Jr, Ito, P. J.

1969 — Vegetable improvement at the Hawaii Agricultural Experiment Station. *Hawaii Agric. Exp. Sta. Rpt.*, 178: 7 pp.

GUIRAN, G. de & Netscher, G.

1970 — Les nematodes du genre *Meloidogyne* parasites cultures Tropicales. *Cah. Ortom Sev. Biol.*, 11: 151 — 186.

HARE, W. W.

1957 — Inheritance of resistance to root-knot nematodes in peper. *Phytopathology*, 47: 455-459.

- 1965 — The inheritance of resistance of plants to nematodes. *Phytopathology*, 55 : (11): 1162–67.
- KURT, J.; Jasper, C.P. Dijkstra, D. L.
1972 — Testing for resistance to pathotipe C of *Heterodera rostochiensis* and the practical application of *Solanum vernei* — híbridos in the Netherlands. *Ann. Appl. Biol.* 71: 289–294.
- LOOS, C. A.
1935 — *Meloidogyne brevicauda* n. sp., a cause of root-knot of mature tea in Ceylon. *Helminth. Soc. Wash. Proc.*, 20: 83–91.
- LOPES ROSA, J. H. An.
1974 — Annual report on improvement of tropical production of beans and cow peas through disease and insect control. Dept. Plant. Path. Bot. University of Puerto Rico. Puerto Rico. January 1 — December 31.
- MACKIE, W.W.
1934 — Breeding for resistance in black eye cow peas to fusarium wilt. Charcoal rot and nematodes root-knot. *Phytopatology.*, 24: 1135 abstr.
- McFARLANE, J. S.; HARTZELER E., FRAZIER, W.A.
1946 — Breeding tomatoes for nematode resistance and high vitamin C content in Hawaii. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.*, 47 : 262–270.
- McGUIRE, D. C.; ALLARD, R.W. HARDING, J. A.
1961 — Inheritance of root-knot nematode resistance in lima beans. *Amer. Soc. Hort. Sci. Proc.*, 78: 302–307.
- PRIVA, W. O.
1979 — Potencialidade para a cultura da Bertalha (*Basella alba* L. syn. *B. rubra*) na Amazônia Ocidental. In. *Introdução à Horticultura e Fruticultura na Amazônia Ocidental.* 30–66.
- PIMENTEL GOMES, F.
1978 — Curso de Estatística Experimental. São Paulo. Livraria Nobel. 89 Ed. 430 p.
- ROBBS, C. F.; KIBA.; F.A., RIBEIRO, R.G.O.
1972 — Enfermidades da bertalha na Guanabara. *A Lavoura.* Ano LXXIV. Março/Abril. 43–45.
- SASSER, J.N.
1980 — Root-knot nematodes: A Global. *Plant Disease.* Vol. 64: (1): 36–41.
- STEEL, R. G. D. & TORRIE, J. H.
1960 — Principles and procedures of statistics with special reference to the biological sciences. McGraw Hill. New York. 481 p.
- WILLIAMS, W. M. & BARCLAY, P.C.
1972 — The effect of clover stem eelworm on the establishment of pure swards of white clover. *New Zealand Journal of Agricultura Research* 15: 356.