

EFEITO DA PROTEÍNA ARCELINA NA BIOLOGIA DE *ZABROTES SUBFASCIATUS* (BOHEMAN 1833), EM FEIJOEIRO¹

FLÁVIA RABELO BARBOSA², MASSARU YOKOYAMA³, PEDRO ANTÔNIO ARRAES PEREIRA³
e FRANCISCO JOSÉ PFEILSTICKER ZIMMERMANN³

RESUMO - A arcelina é uma proteína encontrada em feijões silvestres (*Phaseolus vulgaris*) e que confere resistência ao caruncho-do-feijão, *Zabrotes subfasciatus* (Boheman 1833) (Coleoptera: Bruchidae). Estudos foram conduzidos com o objetivo de conhecer o efeito de quatro alelos da proteína arcelina (Arc1, Arc2, Arc3 e Arc4), na biologia de *Z. subfasciatus*. O experimento foi conduzido no laboratório da Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, no município de Santo Antônio de Goiás, GO, em condições não controladas. O mais alto nível de antibiose a *Z. subfasciatus* foi constatado na linhagem portadora do alelo Arc1, observando-se redução do número de ovos produzidos, redução do número de adultos emergidos, redução da longevidade de adultos. Na linhagem Arc2 constatou-se redução apenas no número de adultos emergidos. As linhagens Arc3 e Arc4 apresentaram baixa eficiência na redução da progênie de *Z. subfasciatus*, não observando-se efeito na longevidade e no período ovo-adulto. A razão sexual do inseto não foi alterada pela presença na semente de Arc1, Arc2, Arc3 e Arc4.

Termos para indexação: *Phaseolus vulgaris*, resistência a insetos, biologia de insetos, caruncho, armazenagem.

EFFECT OF ARCELIN PROTEIN ON THE BIOLOGY OF *ZABROTES SUBFASCIATUS* (BOHEMAN 1833), IN DRY BEANS

ABSTRACT - Arcelin is a seed protein found in wild beans (*Phaseolus vulgaris*) which gives resistance to Mexican bean weevil, *Zabrotes subfasciatus* (Boheman 1833) (Coleoptera: Bruchidae). Studies were carried out with the objective of estimating the effect of four alleles of protein arcelin (Arc1, Arc2, Arc3 and Arc4) on the biology of *Z. subfasciatus*. The experiment was carried out in laboratory at Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, in Santo Antônio de Goiás, GO, Brazil, under non controlled conditions. The highest levels of antibiosis to *Z. subfasciatus* were observed in Arc1, with reduction in the number of eggs, number of emerged adults, adults longevity. In the line Arc2 only reduction in the number of emerged adults was observed. The lines Arc3 and Arc4 showed low efficiency on the reduction of progeny of *Z. subfasciatus* and effects in the longevity and egg-adult cycle were not detected. Insect sexual ratio was not altered by the presence of Arc1, Arc2, Arc3 and Arc4 in the seeds.

Index terms: *Phaseolus vulgaris*, host plant resistance, insect biology, Mexican bean weevil, storage.

INTRODUÇÃO

Nas regiões tropicais da América Latina o caruncho-do-feijão, *Zabrotes subfasciatus* (Boheman) é

considerado a principal praga do feijão armazenado, sendo também encontrada em regiões de clima temperado e frio (Rossetto, 1966; Decheco et al., 1986). Os danos são decorrentes da penetração e alimentação das larvas no interior dos grãos, provocando perda de peso, redução do valor nutritivo e do grau de higiene do produto, pela presença de excrementos, ovos e insetos. Além disso, o poder germinativo das sementes pode ser reduzido ou totalmente perdido. Estima-se que as perdas de feijão, no México, América Central e Panamá são superiores a 35%, e no Brasil, entre 7% e 17% (Schoonhoven & Cardona, 1980; Gallo et al., 1988).

¹ Aceito para publicação em 21 de dezembro de 1998.

² Eng^a Agr^a, Dr^a, Embrapa-Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-Árido (CPATSA), Caixa Postal 23, CEP 56300-000 Petrolina, PE. E-mail: flavia@cpatsa.embrapa.br

³ Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, CEP 74001-970 Goiânia, GO.

A necessidade de alternativas para os métodos químicos convencionais, aliada ao fato da crescente cobrança da sociedade por métodos menos agressivos ao meio ambiente, estimula a busca de novos métodos para o controle dos carunchos. Entre tais métodos, o emprego de resistência varietal pode ser considerado ideal, uma vez que as populações das pragas podem ser mantidas abaixo de seus níveis de danos, sem causar distúrbio ou poluição ambiental e sem exigir conhecimentos específicos do agricultor, além de não acarretar qualquer ônus adicional (Lara, 1991). Apesar do esforço de pesquisadores, não têm sido encontrados níveis satisfatórios de resistência a *Z. subfasciatus* em acessos de feijão cultivado (Oliveira et al., 1979; Schoonhoven & Cardona, 1982; Rego et al., 1986; Oriani et al., 1996). Contudo, em genótipos silvestres de *Phaseolus vulgaris*, de origem mexicana, detectaram-se altos níveis de resistência. Pesquisas realizadas revelaram que a resistência da planta aos carunchos é do tipo antibiose e é atribuída à proteína arcelina. Seis variantes alélicas de arcelina (Arc1, Arc2, Arc3, Arc4, Arc5 e Arc6) já foram descritas (Osborn et al., 1986; Lioi & Bollini, 1989).

Howe & Currie (1964) estudaram a biologia de *Z. subfasciatus* em sementes de *P. vulgaris* e observaram que o número médio de ovos depositados por fêmea foi 38,8 ovos, o pico de oviposição no segundo e terceiro dias e período ovo-adulto de 24,5 dias. Ferreira (1960) constatou uma média de 55,63 ovos por fêmea, ciclo de vida de 36 dias e razão sexual 0,53. Carvalho & Rossetto (1968) constataram oviposição média de 22,2 ovos, período ovo-adulto de 23 a 33 dias, razão sexual 0,55 e observaram que as fêmeas viveram em média 10,9 dias e os machos 13,8 dias. Wanderley & Oliveira (1992) relatam oviposição média de 55,9 ovos e longevidade de fêmeas e machos, respectivamente, de 13,3 e 18,8 dias.

Harmsen et al. (1988) observaram que a presença de quatro alelos de arcelina (Arc1, Arc2, Arc3 e Arc4) aumentou significativamente o ciclo de vida de *Z. subfasciatus*. As linhagens contendo Arc1 e Arc2 provocaram redução da emergência de adultos, constatando-se também que Arc3 e Arc4, embora prolongassem o ciclo de vida e reduzissem o peso dos insetos, tiveram pouco efeito na emergência de adultos.

Cardona et al. (1990) observaram que o período ovo-adulto de *Z. subfasciatus* criado em acessos de feijão silvestre que continham os alelos Arc1, Arc2, Arc3, Arc4 e Arc5 foi prolongado.

Wanderley (1995), utilizando seis cultivares e quatro linhagens quase isogênicas portadoras de arcelina (Arc1, Arc2, Arc3 e Arc4), observou que as cultivares e linhagens não mostraram diferenças significativas em relação ao total de ovos, porém diferenças foram constatadas com relação a ovos viáveis, insetos emergidos e período de ovo a adulto.

No presente trabalho realizaram-se estudos com o objetivo de avaliar o efeito de quatro alelos da arcelina (Arc1, Arc2, Arc3 e Arc4), presentes em linhagens quase isogênicas do feijoeiro, na biologia de *Z. subfasciatus*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em outubro de 1995, no laboratório de Entomologia da Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), no município de Santo Antônio de Goiás, GO, em condições não controladas. A temperatura ambiente e a umidade relativa foram registradas diariamente em termômetro e umidômetro.

Utilizou-se o delineamento inteiramente ao acaso, com seis tratamentos e dez repetições. Os tratamentos corresponderam às linhagens Arc1, Arc2, Arc3, Arc4 e às cultivares Porrillo 70 e Goiano Precoce de *P. vulgaris*. As linhagens contendo os alelos arcelina 1 (Arc1), arcelina 2 (Arc2), arcelina 3 (Arc3) e arcelina 4 (Arc4) foram originalmente obtidas na Universidade de Wisconsin-Madison, EUA, pelo cruzamento da cultivar Porrillo 70 com acessos silvestres de *P. vulgaris*. A unidade experimental foi constituída de seis sementes de feijão e um casal de carunchos acomodados em um tubo de vidro, com as dimensões de 8,5 cm de altura por 2,5 cm de diâmetro e coberto com tecido de malha fina preso com liga. Após a infestação, as unidades experimentais foram mantidas sob as condições anteriormente descritas.

As sementes das cultivares e linhagens foram multiplicadas no campo da Embrapa-CNPAP, no primeiro semestre de 1995. Antes da infestação, as sementes foram previamente selecionadas, descartando-se aquelas que apresentavam imperfeições no tegumento. As sementes selecionadas para uso foram mantidas, no mínimo, por 72 horas em condições ambiente, para entrar em equilíbrio higroscópico com o ar.

Os insetos utilizados no experimento foram obtidos de uma colônia de laboratório mantida na Embrapa-CNPAP e multiplicados em sementes de feijão, cultivar Jalo EEP 558. Após a emergência dos carunchos na cultivar Jalo, procedeu-se a infestação nas linhagens portadoras de Arc1, Arc2, Arc3, Arc4 e nos controles suscetíveis 'Porrillo 70' e 'Goiano Precoce'. Os primeiros dez casais recém-emergidos (0-24 horas) de cada um desses germoplasmas foram utilizados no experimento. Para obtê-los, as sementes de feijão foram peneiradas, os insetos foram colocados em um saco de plástico, sexados e retirados com o auxílio de um sugador bucal.

A partir de observações diárias, os seguintes parâmetros foram estudados: período de oviposição; número de ovos por fêmea; número de insetos emergidos; período ovo-adulto – obtido através de média ponderada, tendo como peso o número de insetos emergidos para cada dia da postura; razão sexual (número de fêmeas/(número de machos + número de fêmeas)); longevidade de machos e fêmeas.

Diariamente e no mesmo horário realizaram-se as avaliações, quando, então, os insetos eram transferidos para outros tubos contendo novos grãos de feijão da mesma linhagem ou cultivar. A transferência para os tubos foi interrompida à medida que se verificava a morte da fêmea. Tendo em vista que o manuseio das sementes poderia interferir na penetração da larva, a contagem dos ovos foi feita sempre após o quinto dia de postura, tempo suficiente para a penetração da larva no grão.

Para análise de variância, os dados referentes ao número de ovos, número de adultos emergidos e período ovo-adulto foram transformados em $\sqrt{x+1}$, e a razão sexual em arco seno $\sqrt{\%}$. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura média diária durante a execução do experimento variou de 16,6°C a 30,4°C e a umidade relativa de 55% a 86%. Observou-se, em todos os tratamentos, que no mesmo dia em que emergiram as fêmeas iniciaram a oviposição. Constatou-se uma tendência de redução do período de oviposição em 'Porrillo 70' e nas linhagens contendo arcelina, comparativamente à 'Goiano Precoce'. Nesta cultivar o período correspondeu a 12 dias; em 'Porrillo 70' e linhagens Arc2 e Arc3, a oito dias; em Arc1, a sete dias; e em Arc4, a seis dias. Com exceção de Arc2, cujo pico de oviposição ocorreu no

primeiro dia, nos demais tratamentos o pico ocorreu no segundo e terceiro dias (Tabela 1). Howe & Currie (1964), trabalhando com cinco combinações diferentes de umidade e temperatura, também obtiveram picos de oviposição sempre no segundo e terceiro dias.

Na cultivar Goiano Precoce, cada fêmea ovipositou 50,1 ovos, seguida pela Porrillo 70 (44,2 ovos), Arc2 (36,0 ovos), Arc4 (35,7 ovos), Arc3 (28,2 ovos) e Arc1 (20,1). Como pode-se verificar na Tabela 1, o número de ovos por fêmea em Arc1 não foi significativamente diferente de Arc3, assim como entre as linhagens portadoras de arcelina Arc2 e Arc4 e as cultivares Goiano Precoce e Porrillo 70. Também não mostraram diferença entre si, Arc2, Arc3 e Arc4.

O número de ovos por fêmea de *Z. subfasciatus*, registrado por Ferreira (1960), Howe & Currie (1964) e Carvalho & Rossetto (1968) foi respectivamente 55,63, 38,80 e 22,20. Tais resultados são compatíveis com os obtidos neste trabalho, que variaram de 20,10 a 50,1, dependendo do tratamento. Em resultados obtidos por Wanderley (1995), o total de ovos nas linhagens Arc1, Arc2, Arc3 e Arc4 não diferiu do obtido na cultivar Porrillo 70 nem nas outras cultivares comerciais testadas. Schoonhoven et al. (1983), porém, constataram redução de oviposição em acessos silvestres, que posteriormente tiveram o fator de resistência identificado por Osborn et al. (1986) como sendo a proteína arcelina.

Os menores números de adultos emergidos foram observados em Arc1 (3,3) e Arc2 (8,1), que não diferiram entre si. Entretanto, apenas em Arc1 observou-se diferença significativa entre as demais linhagens e cultivares testadas. O número de insetos emergidos em Arc2 não foi diferente do emergido em Arc3 (18,2). Os tratamentos Arc3 e Arc4 (22,1) não diferiram entre si nem da cultivar Porrillo 70 (27,5). Esta por sua vez também não mostrou-se diferente da 'Goiano Precoce' (33,9) (Tabela 2). A porcentagem de redução da emergência em Arc1 foi de 90,2% em relação à 'Goiano Precoce'; 88,0%, à 'Porrillo 70'; 85,%, à Arc4; 81,9%, à Arc3; e 59,2%, à Arc2. Na linhagem Arc2, a redução foi de 76,1%, 70,5%, 63,3% e 55,5% em relação à 'Goiano Precoce', 'Porrillo 70', Arc4 e Arc3, respectivamente.

Em todos os tratamentos, os ovos postos no primeiro dia de vida das fêmeas deram origem a adultos

(Tabela 1). Carvalho & Rossetto (1968) estudando a biologia de *Z. subfasciatus* observaram que os ovos postos no primeiro dia de vida não deram origem a adultos. Contudo, tal fato não foi referido por outros autores (Ferreira, 1960; Howe & Currie, 1964; Wanderley & Oliveira, 1992).

Em pesquisa conduzida no Centro Internacional de Agricultura Tropical (1988) constatou-se, em sementes artificiais contendo Arc1 18,4% de insetos emergidos, enquanto na testemunha a emergência foi de 86,1%. Harmsen et al. (1988), em bioensaios com *Z. subfasciatus* e quatro variantes alélicas de arcelina (Arc1, Arc2, Arc3 e Arc4), incorporadas à 'Porrillo 70', observaram em Arc1 redução na emergência superior a 80%. Wanderley (1995) trabalhou com linhagens quase isogênicas, Arc1, Arc2, Arc3 e Arc4 e observou que a utilização de Arc1 e Arc2 resultou em menor número de *Z. subfasciatus* emergidos, sendo os efeitos mais expressivos em Arc1, que apresentou uma emergência de 14,63% enquanto em Arc2 foi de 52,0%. Tais resultados concordam com os obtidos neste trabalho, em que foram observadas menores porcentagens de emergência em Arc1 (16,4%) e em Arc2 (22,5%) (Tabela 2). Cardona et al. (1990) relataram que acessos silvestres contendo Arc4 tiveram níveis mais altos de resistência que Arc1 e Arc2, com relação à emergência de insetos. Entretanto, a transferência do alelo Arc4 do feijão silvestre para o cultivado não resultou em linhagens resistentes ao caruncho.

Os insetos alimentados com sementes das linhagens contendo arcelina tenderam a apresentar período ovo-adulto mais longo, comparativamente aos alimentados com 'Goiano Precoce' e 'Porrillo 70', embora não tenha ocorrido diferença significativa. Os insetos criados em Arc1 apresentaram o mais longo período ovo-adulto (43,7 dias), vindo em seguida Arc3 (37,5 dias), Arc4 (36,6 dias), Arc2 (36,5 dias), 'Porrillo 70' (32,4 dias) e 'Goiano Precoce' (31,1 dias) (Tabela 2). Em relação às cultivares Goiano Precoce e Porrillo 70, os insetos criados na linhagem Arc1 apresentaram prolongamento do período ovo-adulto de 12,6 e 11,3 dias; na Arc2, de 5,4 e 4,1 dias; na Arc3, de 6,4 e 4,3 dias; e na Arc4, de 5,5 e 4,2 dias, respectivamente.

Harmsen et al. (1988) relataram que a presença dos quatro tipos de arcelina (Arc1, Arc2, Arc3 e Arc4) aumentou significativamente o período ovo-adulto do inseto (40,5 dias), sendo esses efeitos mais evidentes em Arc1, que prolongou o ciclo em nove dias, em comparação ao pai recorrente 'Porrillo 70' (31,3 dias). No Centro Internacional de Agricultura Tropical (1988), também foi constatado que a incorporação de arcelina 1 em sementes artificiais de feijão resultou em prolongamento do ciclo biológico de *Z. subfasciatus* em 15,9 dias, comparativamente à testemunha 'Sanilac'. Wanderley (1995), trabalhando com linhagens quase isogênicas, Arc1, Arc2, Arc3 e Arc4, observou em Arc1 um período ovo-adulto de 48,62 dias, que correspondeu a um alongamento de

TABELA 1. Número médio diário e total de ovos por fêmea, na progênie de dez casais de *Zabrotes subfasciatus* criados em sementes de cultivares e linhagens de *Phaseolus vulgaris*¹.

Cultivar ou linhagem	Número médio de ovos/dia de vida da fêmea												Ovos/fêmea (n°)
	1°	2°	3°	4°	5°	6°	7°	8°	9°	10°	11°	12°	
Goiano Precoce	8,2	10,4	9,4	7,8	6,0	2,5	2,3	1,0	1,0	0,8	0,5	0,2	50,1a
Porrillo 70	6,5	8,8	8,8	7,2	7,3	4,7	0,7	0,2	-	-	-	-	44,2a
Arcelina2	8,4	7,0	7,3	4,8	3,2	2,5	2,4	0,4	-	-	-	-	36,0ab
Arcelina4	5,5	9,6	7,4	7,5	4,0	1,7	-	-	-	-	-	-	35,7ab
Arcelina3	4,5	5,4	6,9	5,5	3,7	1,7	0,4	0,1	-	-	-	-	28,2bc
Arcelina1	3,3	5,6	4,4	3,3	2,0	1,2	0,3	-	-	-	-	-	20,1c
C.V. (%)													27,74

¹ Médias seguidas da mesma letra na coluna, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade, médias não transformadas.

TABELA 2. Adultos emergidos, período ovo-adulto, longevidade e razão sexual de *Zabrotes subfasciatus* criados em sementes de cultivares e linhagens de *Phaseolus vulgaris*¹.

Cultivar ou linhagem	Adultos emergidos		Período ovo-adulto (dias)	Longevidade (dias)			Razão sexual
	(n°)	(%)		Macho	Fêmea	Média	
Goiano Precoce	33,90a	67,7	31,1a	12,20aA	9,10aB	10,65a	0,52a
Porrillo 70	27,50ab	62,2	32,4a	11,90aA	8,60aB	10,25a	0,54a
Arcelina4	22,10b	61,9	36,6a	13,10aA	8,10aB	10,60a	0,53a
Arcelina3	18,20bc	64,5	37,5a	12,80aA	7,40aB	10,10ab	0,53a
Arcelina2	8,10cd	22,5	36,5a	12,60aA	7,30aB	9,95ab	0,52a
Arcelina1	3,30d	16,4	43,7a	7,60aB	8,40aA	8,00b	0,54a
C.V. (%)	25,87	-	33,83	11,83	10,32	11,25	28,92

¹ Médias seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; médias não transformadas.

11,52 dias, em concordância com os resultados obtidos neste trabalho.

A longevidade dos machos foi significativamente maior que a das fêmeas, com exceção daqueles provenientes de Arc1. O período médio de vida dos machos foi de 11,7 dias, com intervalo de 7,6 a 13,1 dias, dependendo do tratamento, enquanto nas fêmeas foi de 8,15 dias, com intervalo de 7,3 a 9,1 dias. Não observou-se efeito dos diferentes germoplasmas, na longevidade dos machos ou das fêmeas, separadamente; contudo, constatou-se longevidade média significativamente menor nos insetos criados em Arc1 (Tabela 2).

Ferreira (1960) relata uma longevidade média de nove dias em adultos de *Z. subfasciatus*. Carvalho & Rossetto (1968) observaram uma longevidade de 10,9 dias para fêmeas e de 13,8 dias para machos. Wanderley & Oliveira (1992) verificaram também maior longevidade nos machos (18,84 dias) que nas fêmeas (13,3 dias). Tais resultados são compatíveis com os observados neste trabalho, em que a longevidade média dos machos foi de 11,7 dias e das fêmeas, de 8,15 dias.

A razão sexual variou de 0,52 a 0,54. Os insetos criados nas linhagens portadoras da proteína arcelina não mostraram diferença significativa na razão sexual em relação aos criados nas testemunhas nem entre si (Tabela 2). Resultados similares foram constatados por Ferreira (1960), que observou na descendência de dez casais razão sexual de 0,53. Carvalho

& Rossetto (1968) e Wanderley & Oliveira (1992) relataram razão sexual de, respectivamente, 0,55 e 0,50; portanto, os resultados deste trabalho estão compatíveis com os encontrados na literatura.

CONCLUSÕES

1. A criação de *Zabrotes subfasciatus* em sementes de linhagem de *P. vulgaris* portadora do alelo de arcelina 1 resulta em redução do número de ovos, número e porcentagem de adultos emergidos e longevidade.
2. Insetos criados em linhagens de *P. vulgaris* contendo o alelo arcelina 2 apresentam redução do número de adultos emergidos.
3. Insetos criados em linhagens de *P. vulgaris* contendo os alelos arcelina 3 e arcelina 4 não têm sua progênie afetada.
4. A razão sexual de *Z. subfasciatus* não é alterada na presença de arcelina 1, 2, 3 e 4.

REFERÊNCIAS

- CARDONA, C.; KORNEGAY, J.; POSSO, C.E.; MORALES, F.; RAMIREZ, H. Comparative value of four arcelin variants in the development of dry bean lines resistant to the Mexican bean weevil. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, Dordrecht, v.56, p.197-206, 1990.
- CARVALHO, R.P.L.; ROSSETTO, C.J. Biologia de *Zabrotes subfasciatus* (Bohemann) (Coleoptera,

- Bruchidae). **Revista Brasileira de Entomologia**, São Paulo, v.13, p.105-117, 1968.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL (Cali, Colombia). **Programa del frijol**: Informe anual 1987. Cali, 1988. p.143-161. (CIAT. Documento de Trabajo, 47).
- DECHECO, A.; MONCADA, B.; ORTIZ, M. Desarrollo de *Zabrotes subfasciatus* sobre seis variedades de frijol en Lima. **Revista Peruana de Entomologia**, Lima, v.26, p.77-79, 1986.
- FERREIRA, A.M. Subsídios para o estudo de uma praga do feijão (*Zabrotes subfasciatus* Boh. - Coleoptera, Bruchidae) dos climas tropicais. **Garcia de Orta**, Lisboa, v.8, n.3, p.559-581, 1960.
- GALLO, D.; NAKANO, O.; SILVEIRA NETO, S.; CARVALHO, R.P.L.; BATISTA, G.C.; BERTI FILHO, E.; PARRA, J.R.P.; ZUCCHI, R.A.; ALVES, S.B.; VENDRAMIM, J.D. **Manual de entomologia agrícola**. 2.ed. São Paulo: Agronômica Ceres, 1988. 649p.
- HARMSSEN, R.; BLISS, F.A.; CARDONA, C.; POSSO, C.E.; OSBORN, T.C. Transferring genes for arcelin protein from wild to cultivated beans: implications for bruchid resistance. **Annual Report of Bean Improvement Cooperative**, v.31, p.54-55, 1988.
- HOWE, R.W.; CURRIE, J.E. Some laboratory observation on the rates of development, mortality and oviposition of several species of bruchidae breeding in stored pulses. **Bulletin of Entomological Research**, London, v.55, n.3, p.437-477, 1964.
- LARA, F.M. **Princípios de resistência de plantas a insetos**. São Paulo: Ícone, 1991. 336p.
- LIOI, L.; BOLLINI, R. Identification a new arcelin variant in wild bean seeds. **Annual Report of Bean Improvement Cooperative**, v.32, p.28, 1989.
- OLIVEIRA, A.M.; PACOVA, B.E.; SUDO, S.; ROCHA, A.C.M.; BARCELLOS, D.F. Incidência de *Zabrotes subfasciatus* Boheman, 1833 e *Acanthoscelides obtectus* Say 1831 em diversos cultivares de feijão armazenado (Col. Bruchidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v.8, n.1, p.47-55, 1979.
- ORIANI, M.A. de G.; LARA, F.M.; BOIÇA JUNIOR, A.L. Resistência de genótipos de feijoeiro a *Zabrotes subfasciatus* (Boh.) (Coleoptera:Bruchidae). **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Londrina, v.25, n.2, p.213-216,1996.
- OSBORN, T.C.; BLAKE, T.; GEPTS, P.; BLISS, F.A. Bean arcelin, 2: genetic variation, inheritance and linkage relationships of a novel seed protein of *Phaseolus vulgaris* L. **Theoretical and Applied Genetics**, Berlim, v.71, n.6, p.847-855,1986.
- REGO, A.F.M.; VEIGA, A.F.S.L.; RODRIGUES, Z.A.; OLIVEIRA, M.L. de; REIS, O.V. Efeito da incidência de *Zabrotes subfasciatus* Bohemann, 1833 (Coleoptera, Bruchidae) sobre genótipos de *Phaseolus vulgaris* L. **Anais da Sociedade Entomológica do Brasil**, Jaboticabal, v.15, p.53-69, 1986. Suplemento
- ROSSETTO, C.J. Sugestões para armazenamento de grãos no Brasil. **O Agrônomo**, Campinas, v.18, p.38-51, 1966.
- SCHOONHOVEN, A. van; CARDONA, C. Insects and other bean pests in Latin America. In: SCHWARTZ, H.F.; GALVEZ, G.E. (Eds.). **Bean production problems: disease, insect, soil and climatic constraints of *Phaseolus vulgaris***. Cali: CIAT, 1980. p.363-412.
- SCHOONHOVEN, A. van; CARDONA, C. Low levels of resistance to the Mexican bean weevil in dry bean. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.76, n.4, p.567-569, 1982.
- SCHOONHOVEN, A. van; CARDONA, C.; VALOR, J. Resistance to the bean weevil and the Mexican bean weevil (Coleoptera: Bruchidae) in noncultivated common bean accessions. **Journal of Economic Entomology**, Lanham, v.76, n.6, p.1255-1259, 1983.
- WANDERLEY, V.S. **Identificação de fontes de resistência em cultivares e linhagens de feijão comum, *Phaseolus vulgaris* L., a *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833) (Coleoptera, Bruchidae), em condições de laboratório**. Recife: UFRPE, 1995. 113p. Dissertação de Mestrado.
- WANDERLEY, V.S.; OLIVEIRA, J.V. Influência do número de sementes de *Phaseolus vulgaris* L. e *Vigna unguiculata* (L.) Walp. na biologia de *Zabrotes subfasciatus* (Boh., 1833) (Coleoptera, Bruchidae). **Caderno Ômega**, Recife, n.4, p.167-182, 1992.