



Sources of black aphid resistance in the cowpea

Fontes de resistência ao pulgão-preto em variedades de feijão-caupi

Valéria Ramos Lourenço¹, Alfredo Mendonça de Sousa², Antonia Débora Camila de Lima Ferreira³, Ervino Bleicher⁴, Cândida Hermínia Campos de Magalhães Bertini⁵

Abstract: For a variety of agronomic reasons, landraces have strategic importance for cowpea *Vigna unguiculata* (L.) Walp. genetic breeding programs. The aim of the current research was to identify black aphid, *Aphis craccivora* Koch resistance in cowpea landraces. Twenty-three landraces from different regions of the state of Ceará, Brazil, were compared to four literature-cited standards: BRS Guariba and TVu 408 P2 (resistant); BR 17-Gurguéia and VITA 7 (susceptible). Experiments were conducted in a greenhouse located at Campus do Pici, Universidade Federal do Ceará, in Fortaleza, Ceará state, Brazil. A completely randomized block design was used, with six replicates, each composed of one plant in a 300 mL pot. Plants were individually infested with five six-day-old adult insects. Adults were subsequently evaluated two days after infestation and nymphs at four days. Six landraces were highly resistant (Um-named 1-DIP, Feijão de arrancada, Feijão moitinha, Feijão de moita, Cara preta and Roxim miúdo) to levels compatible to the BRS Guariba standard. Three other landraces (Feijão da Bahia, Cojó and Feijão da Consuelo Rocha) showed moderate resistance, similar to the TVu 408 P2 standard. In addition to the high genetic variability found in the landraces, antibiosis was the main resistance mechanism observed.

Key words: Antibiosis. *Aphis craccivora*, Koch. Plant resistance. *Vigna unguiculata*.

Resumo: As variedades crioulas de feijão-caupi possuem importância estratégica para os programas de melhoramento genético, em diversos aspectos agronômicos, desta espécie. Neste sentido, objetivou-se com esta pesquisa identificar, em variedades crioulas de feijão-caupi, *Vigna unguiculata* (L.) Walp., resistência ao pulgão-preto, *Aphis craccivora* Koch. Foram avaliadas 23 variedades crioulas provenientes de diferentes regiões do estado do Ceará-Brasil, comparadas com duas variedades relatadas na literatura com padrões de resistência (TVu 408 P2 e BRS Guariba) e duas de susceptibilidade ao *A. craccivora* (VITA 7 e BR 17-Gurguéia). O ensaio foi conduzido em telado localizado no Campus do Pici, Universidade Federal do Ceará, em Fortaleza, Ceará-Brasil. Usou-se um delineamento de blocos inteiramente casualizados, com 27 tratamentos (variedades de feijão-caupi) e seis repetições. A parcela consistiu de um vaso com capacidade volumétrica de 300 mL com uma planta por vaso. As plantas foram infestadas com cinco insetos adultos de seis dias de idade. As avaliações de adultos e de ninfas foram feitas aos dois e quatro dias após a infestação, respectivamente. Seis variedades crioulas mostraram-se altamente resistentes (Sem denominação 1-DIP, Feijão de arrancada, Feijão moitinha, Feijão de moita, Cara preta e Roxim miúdo), compatíveis ao padrão BRS Guariba. Outras três variedades (Feijão da Bahia, Cojó e Feijão da Consuelo Rocha) apresentaram resistência moderada, semelhante ao padrão TVu 408 P2. Além da alta variabilidade genética apresentada pelas variedades, a antibiose foi o principal mecanismo de resistência observado.

Palavras-chave: Antibiose. *Aphis craccivora*, Koch. Resistência de plantas. *Vigna unguiculata*.

*Corresponding author

Submitted for publication on 25/07/2018 and approved 02/11/2018

¹Mestranda em Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal de Viçosa, R. Purdue, n.392-486 - Santo Antonio, Viçosa - MG, 36570-000, DPS/CCA/UFV, Viçosa-MG, Brasil. E-mail – ramos.valeria74@yahoo.com;

²Mestre em Agronomia - Solos e Nutrição de Plantas pela Universidade Federal do Ceará. E-mail - alfredomendonca121@gmail.com;

³Doutoranda em Agricultura Tropical pela Universidade Federal da Paraíba. E-mail – deboracamilla1@hotmail.com;

⁴Doutor, Prof. PROPAP do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará. E-mail - ervinob@googlemail.com;

⁵Doutora, Profa do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará. E-mail- candida@ufc.br.

INTRODUCTION

The black aphid, *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae), is one of the main pests of the cowpea, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (BERBERET *et al.*, 2009; RADHA, 2013; SOULEYMANE *et al.*, 2013; HUYNH *et al.*, 2015; MELVILLE *et al.*, 2016). This insect, besides causing direct damages by sucking sap, is responsible, globally, for the transmission of a variety of viruses. In Brazil, the following viruses have been reported to be aphid-transmitted to cowpeas: *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV), *Cowpea severe mosaic virus* (CPSMV) (FREITAS *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2012).

A rational way of controlling this and other pests is to identify genes for resistance available in existing germplasm. These are often found in landrace varieties cultivated and maintained by smallholders. If such sources do not yield the desired characteristic, then it may be sought in germplasm banks held at research and teaching institutions. In the literature consulted, the earliest use of this approach appears to be Singh (1977), who reported antibiosis as a resistant mechanism against aphid-black in the following cowpea genotypes from the International Institute of Tropical Agriculture, Ibadan, Nigeria (IITA): TVu 408 P₂, TVu 410, TVu 2740, TVu 3417 e TVu 3509. Later, Bata *et al.* (1987) concluded that the cowpea resistance to black aphid was monogenic and dominant, and gave the resistance gene the symbol *Rac* (Resistant to *Aphis craccivora*). A year later, Pathak (1988) reported the existence of a new gene for resistance, with two genotypes ICV 11 e IVC 12, originating as na induced mutation, this new gene was assigned the symbol *Rac2*, to differentiate it from the previous gene, which became known as *Rac1*. On the other hand, as Souleymane *et al.* (2013) have warned, existing genotypes held at the IITA may be threatened by new aphid biotypes, so that their resistance is lost. This enhances the importance of various cowpea landraces in the overall planning for genetic improvements of this crop, especially since many are poorly studied and have yet to be evaluated.

However, in Brazil, as elsewhere, the genetic reservoir represented by landraces, as observed by Xavier *et al.* (2005), threatened by the standardization of cultivars derived from genetic improvement programs, These authors, studying 45 cowpea accessions, reported a genetic similarity of over 80% between accessions, even when the origins were highly geographically distinct (e.g. Brazil, Nigeria and the United States). According to the authors, this reduction of genetic diversity, occurs due to the process of domestication, as well as the result of using just a restricted number of parental plants. Therefore, the collection, study and preservation of landraces can contribute now and in the future to the expansion of the genetic base available for use in future breeding programs.

INTRODUÇÃO

O pulgão-preto, *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphididae), é uma das principais pragas do feijão-caupi ou feijão-de-corda, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. (BERBERET *et al.*, 2009; RADHA, 2013; SOULEYMANE *et al.*, 2013; HUYNH *et al.*, 2015; MELVILLE *et al.*, 2016). Esse inseto, além de causar danos diretos pela sucção de seiva, é responsável, no mundo, pela transmissão de vírus. No Brasil, já foram relatados a transmissão dos seguintes vírus desse pulgão ao feijão-caupi: *Cucumber mosaic virus* (CMV), *Cowpea aphid-borne mosaic virus* (CABMV), *Cowpea severe mosaic virus* (CPSMV) (FREITAS *et al.*, 2012; OLIVEIRA *et al.*, 2012).

Uma forma racional de controle dessa e de outras pragas é identificar no germoplasma disponível, genes de resistência, que muitas vezes estão em variedades crioulas cultivadas e mantidas pelos pequenos produtores. Caso não seja encontrado, deve ser procurado em bancos de germoplasma disponíveis em instituições de pesquisa e ensino. Na literatura consultada, a referência mais antiga encontrada foi a de Singh (1977), que relata a antibiose contra o pulgão-preto nos seguintes genótipos de feijão-caupi do International Institute of Tropical Agriculture (IITA): TVu 408 P₂, TVu 410, TVu 2740, TVu 3417 e TVu 3509. Posteriormente, Bata *et al.* (1987) chegaram à conclusão que a resistência do feijão-caupi ao pulgão-preto era monogênica e dominante, atribuindo ao gene de resistência o símbolo *Rac* (Resistência a *Aphis craccivora*). Um ano após este estudo, Pathak (1988) verificou a existência de um novo gene de resistência nos genótipos ICV 11 e IVC 12, oriundos de mutação induzida, atribuindo a esse novo gene o símbolo *Rac2*, para diferenciá-lo do anterior, que passou a ser mencionado como *Rac1*. Por outro lado, os genótipos existentes no IITA podem estar ameaçados por prováveis biótipos, tendo, assim, a sua resistência quebrada, como alerta Souleymane *et al.* (2013). Esse fato torna as variedades crioulas, pouco estudadas, de importância estratégica para programas de melhoramento genético do feijão-caupi.

Mesmo no Brasil, as reservas de genes em variedades crioulas encontram-se ameaçadas pela padronização de cultivares oriundas do melhoramento genético, como observado por Xavier *et al.* (2005). Esses autores, estudando 45 acessos de feijão-caupi, observaram a similaridade acima de 80% entre os acessos, mesmo quando oriundos de diferentes áreas geográficas (Brasil, Nigéria e Estados Unidos). Esse estreitamento, segundo os autores, ocorre devido ao processo de domesticação, que contribuiu para o estreitamento genético, além do uso de poucos parentais. Portanto, a coleta, estudo e preservação das variedades crioulas podem contribuir agora e no futuro para ampliar a base genética que será usada em programas de melhoramento.

In recent years, in Brazil, the cowpea breeding programs have intensified, mostly aiming to enhance productivity, culinary qualities and virus resistance (FREIRE FILHO, 2011). However, in the latter case, with few exceptions (SILVA and BLEICHER 2010; SILVA *et al.* 2012; BANDEIRA *et al.* 2015; MELVILLE *et al.* 2016) little emphasis has been given to the evaluation of virus transmitter, *A. craccivora*. Consequently, the search for genetic improvement there is the risk that genes for resistance to this insect will be lost. On the other hand, the fact that the cowpea has been domesticated for many centuries (FREIRE FILHO *et al.*, 2005), and its acclimatization and maintenance by small producers under a great variety of biotic and abiotic conditions is likely to have provided an important, but currently little-researched, genetic heritage that should be studied and maintained for use in generation and development of superior cultivars. In this context, the current study aimed to identify cowpea landraces as sources of resistance to black aphid, *A. craccivora*.

MATERIAL AND METHODS

Experiments were conducted in a greenhouse, located on the Campus do Pici (3°44'24.98"S and 38°34'32.84"W, 12 m altitude), of the Phytotechnology Department of the Federal University of Ceará (UFC) in Fortaleza, Ceará state, Brazil.

The experimental design was a randomized complete block design, with 27 treatments and 6 replications, totaling 162 plots. Treatments involved 23 cowpea landraces from different municipalities in the state of Ceará (Table 1). To measure the studied parameters, 4 genotypes were used as standards, 2 resistant, TVu 408 P₂ (SINGH, 1977) and BRS Guariba (SILVA *et al.*, 2012), and 2 susceptible VITA 7 (MESSINA 1985) and BR 17-Gurguéia (MORAES; BLEICHER, 2007).

Em anos recentes, no Brasil, intensificou-se a atividade de melhoramento genético do feijão-caupi visando, principalmente, a produtividade, qualidades culinárias e resistência às viroses (FREIRE FILHO, 2011). Pouca ênfase tem sido dada a avaliação relativa ao transmissor, *A. craccivora*, excetuando-se as pesquisas de Silva e Bleicher (2010), Silva *et al.* (2012), Bandeira *et al.* (2015) e Melville *et al.* (2016). Neste processo de melhoramento genético há a possibilidade da perda de genes de resistência a esse inseto. Por outro lado, a introdução do feijão-caupi ao longo de vários séculos (FREIRE FILHO *et al.*, 2005) e sua aclimação e manutenção pelos pequenos produtores podem representar um importante patrimônio genético a ser pesquisado e mantido para ser usado no processo de geração e lançamento de cultivares superiores. Assim, objetivou-se com este trabalho identificar em variedades crioulas de feijão-caupi fontes de resistência ao pulgão-preto, *A. craccivora*.

MATERIAL E MÉTODOS

O ensaio foi conduzido em casa de vegetação, localizada no Campus do Pici (3°44'24.98"S e 38°34'32.84"W, 12 m de altitude), do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC), em Fortaleza, Ceará-Brasil.

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso, com 27 tratamentos e 6 repetições, totalizando 162 parcelas. Os tratamentos constaram de 23 genótipos de feijão-caupi proveniente de diferentes municípios do estado do Ceará (Tabela 1). Para aferir os parâmetros estudados fez-se uso de 4 genótipos como padrões, sendo 2 resistentes, TVu 408 P₂ (SINGH, 1977) e BRS Guariba (SILVA *et al.*, 2012), e 2 suscetíveis, VITA 7 (MESSINA, 1985) e BR 17-Gurguéia (MORAES; BLEICHER, 2007).

Table 1 - Code, local denomination and municipalities of origin of the landraces of *Vigna unguiculata* collected from farmers in the state of Ceará - Brazil, belonging to the collection of the Phytotechnology Department, UFC

Tabela 1 - Código, denominação local e municípios de origem das variedades locais de *Vigna unguiculata* coletadas junto a agricultores do estado do Ceará – Brasil, pertencente à coleção do Departamento de Fitotecnia, UFC

Code	Local denomination	Municipalities of origin
CCE-005	Sem denominação 1 – DIP	Deputado Irapuan Pinheiro/CE
CCE-008	Feijão de arrancada	Deputado Irapuan Pinheiro/CE
CCE-009	Feijão Raul	Deputado Irapuan Pinheiro/CE
CCE-011	Feijão de moita	Guaraciaba do Norte/CE
CCE-012	Feijão de moita – vermelho	Guaraciaba do Norte/CE
CCE-014	Feijão moitinha	Guaraciaba do Norte/CE
CCE-015	Sem Denominação 3 – GN	Guaraciaba do Norte/CE
CCE-016	Jaguaribe custoso	Itapipoca/CE
CCE-021	Coruja	Morada Nova/CE
CCE-022	Santo Inácio vermelho	Parambu/CE
CCE-023	“Bagem” roxa	Parambu/CE
CCE-024	Feijão da Bahia	Parambu/CE
CCE-026	Cojó	Parambu/CE
CCE-027	Santo Inácio	Parambu/CE
CCE-028	Antônio dos Santos	Paramoti/CE
CCE-029	Jaguaribe da vagem branca	Paramoti/CE
CCE-030	Zé Artur	Paramoti/CE
CCE-031	Roxim miúdo	Paramoti/CE
CCE-032	Consuelo Rocha	Paramoti/CE
CCE-035	Sem denominação 2 –PMP	Paramoti/CE
CCE-036	Cara preta	São Benedito/CE
CCE-037	Xique-xique	São Benedito/CE
CCE-038	Feijão manteiga	Umari/CE
Standard	BRS Guariba	Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA Meio Norte – CNPMN)
Standard	BR 17-Gurguéia	Brazilian Agricultural Research Corporation (EMBRAPA Meio Norte – CNPMN)
Standard	VITA 7	International Institute of Tropical Agriculture – IITA
Standard	TVu 408 P2	International Institute of Tropical Agriculture – IITA

The common names of the landraces, generally provide a strong clue to the specific beneficial attributes of each varieties (Table 1). Thus, using data collected by Freire Filho *et al.* (1983), Almeida and Cordeiro (2002), Freire Filho (2011) and Oliveira *et al.* (2015) on the descriptive terms farmers use to characterize the beans, it is know that: Pulling bean (*feijão de arrancada*) describes the harvesting method; Bushy bean and little bushy bean (*feijão moita* and *moitinha*) refers to plant architecture; Black face and owl (*cara preta* and *coruja*) define the visual aspect of the seed integument; Baby Roxim (*roxim miúdo*) relates to the size of the seed; Costly Jaguaribe (*jaguaribe custoso*) varies in the amount of time it will produce but this takes time to discover, that is, it costs to and. Butter bean (*feijão manteiga*) relates to the culinary quality of the variety, which is soft and creamy like butter. In other cases the name refers to the color of the pod: Saint Ignatius Red (*Santo Inácio vermelho*), Bushy red seed (*feijão de moita vermelho*), White Pod Jaguaribe (*jaguaribe de vagem branca*) and Purple pod (*bagem roxa*), while names for other varieties indicate the geographical origin or originator of the seed, for example: Bahia bean (*feijão da Bahia*) and Consuelo Rocha's Bean (*feijão da Consuelo Rocha*). It is worth noting that these common names are not fixed, they can change if the producer decides that a new name will provide a better description for a particular landrace.

Each experimental unit consisted of a 300 mL pot containing one plant. The substrate used contained a mixture of earthworm humus, vermiculite and sand in the proportion 3: 1: 6. Two seeds of each genotype were sown per pot, with thinning performed one week after planting, leaving one plant per pot.

At 12 days after planting, each plant was infested with 5 adult aphids, each 6 days old, from an age-standardized breeding source, specially raised for this purpose using insects from a maintenance colony. After plant infestation, pots were organized so as not to touch and covered with cages coated with antiphosphidic screening, so allowing the insects free choice of plant genotypes.

Subsequently, 2 days after infestation, the number of live adult aphids on each plant was counted, and these adults were withdrawn. After 4 days of infestation, the number of live nymphs per plant was counted, with all instars combined.

Statistical analysis to assay genotype resistance using adult numbers and numbers of nymphs. Data obtained were transformed by means of the square root of the individual plus 0.5, given by the expression $(x + 0.5)^{0.5}$. Next, analysis of variance was performed, with means separated into groups with a Scott-Knott test (5% probability).

Aos nomes comuns das variedades crioulas, por si só já permitem inferir atributos relativos a essas variedades (Tabela 1). Assim, utilizando em parte as informações de Freire Filho *et al.* (1983), Almeida e Cordeiro (2002), Freire Filho (2011) e Oliveira *et al.* (2015), que reuniram descritores utilizados pelos agricultores para caracterizar os materiais, verificou-se que: Feijão de arrancada define o método de colheita; Feijão moitinha e moita definem a arquitetura da planta; Cara preta e coruja definem o aspecto visual do tegumento da semente; Roxim miúdo define o tamanho da semente; Jaguaribe custoso define o tempo que essa variedade permanece produzindo, ou seja, custa a encerrar; Feijão manteiga define a qualidade culinária do feijão, ou seja, mole e cremoso como manteiga; Santo Inácio vermelho, Feijão de moita vermelho, Jaguaribe de vagem branca e “bagem” roxa definem a cor da vagem. Outras variedades indicam a procedência geográfica ou do “fornecedor” da semente, por exemplo: Feijão da Bahia e Feijão da Consuelo Rocha. Vale salientar que esses nomes comuns não são fixos, podem mudar caso o produtor acrescente a variedade um atributo que à sua escolha a represente melhor.

Cada unidade experimental foi constituída de um vaso com capacidade de 300 mL contendo uma planta. O substrato empregado consistiu de uma mistura de húmus de minhoca, vermiculita e areia na proporção 3:1:6. Foram semeadas duas sementes de cada genótipo por vaso, sendo realizado o desbaste após uma semana do plantio, deixando uma planta por vaso.

Aos 12 dias após o plantio, cada planta foi infestada por 5 pulgões adultos, com 6 dias de idade, provenientes de uma criação padronizada quanto à idade, criados especialmente para esse fim com insetos provenientes da colônia de manutenção. Posterior à infestação das plantas, os vasos foram dispostos de maneira a não se tocarem e cobertos com gaiolas revestidas de tela antiafídica, seguindo um protocolo de livre escolha dos genótipos pelos insetos.

Decorridos 2 dias após a infestação, foi contabilizado o número de adultos vivos em cada planta, os quais foram retirados. Após 4 dias da infestação, foi avaliado o número de ninfas vivas por planta, sem separação por instar.

Na análise estatística para avaliação da resistência dos genótipos, foram utilizadas as variáveis: números de adultos e números de ninfas. Os dados obtidos foram transformados por meio da expressão $(x + 0,5)^{0,5}$. Em seguida foi realizada análise de variância, sendo as

The mean number of adults and nymphs was determined using the methodology proposed by Mulamba and Mock (1978). In this method landraces with the lowest value are those that are of greatest interest for use in genetic improvement breeding programs. The averages are ordered in ascending order, and so given a positional ranking. In the Mulamba and Mock (1978) method, positions assigned to different ranked variables are summed giving to give an overall summed mean ranking. Based on this, those genotypes with the lowest scores are selected, as they have the most favorable character suite.

Next, following the methodology of Silva and Bleicher (2010), the derived rankings were submitted to the analysis of variance and separated using a Scott-Knott test, to discriminate the resistance of the cowpea to black aphid. The effective resistance (ER) of the genotypes was also estimated, this being obtained by the sum of rankings of mean numbers of adults and nymphs. Effective resistance provides an estimate of the simultaneous reaction of genotypes to adults and nymphs. Rankings of mean numbers of adults and nymphs and effective resistance, were subjected to normality tests. Once normality was confirmed, univariate analysis was performed on the completely randomized blocks without data transformation. Means were separated into groups using a Scott-Knott test at 5% probability, providing the joint resistance of each genotype to black aphid infestation.

RESULTS AND DISCUSSION

The results for number of live adults, live nymphs, effective resistance and their joint action represented by the average values are given in Table 2.

Analysis of number of live adults separated the genotypes into two groups. In the first group, the resistant ones, contained the following landraces: Um-named 1-DIP, Feijão de arrancada, Feijão moitinha, Feijão de moita, Cara preta and Roxim miúdo, as shown by comparison to the resistance standards BRS Guariba and TVu 408 P₂. The other genotypes were similar to the susceptible standards.

Determining the exact means by which the plants avoid colonization of adult aphids in free choice trials is a difficult task. Even in non-choice trials, such as those performed by Silva and Bleicher (2010), with two of the standards used here, TVu 408 P₂ and VITA 7, the response was found to be influenced by the confined nature of the experimental environment. Therefore, under the current methodology the resistance to adult aphids reported here (Table 2) cannot be attributed to a single mechanism of resistance, antixenosis or antibiosis, since these two mechanisms may be involved simultaneously, but in different proportions (ANNAN *et al.*, 1997; OBOPILE; OSILILE, 2010).

médias separadas em grupos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade.

Com as médias dos números de adultos e de ninfas, procedeu-se o ranqueamento segundo a metodologia proposta por Mulamba e Mock (1978). Segundo esses autores, atribui-se o menor valor, ou seja, a unidade, ao atributo genético de maior interesse para o melhoramento genético de plantas. As demais médias são ordenadas em ordem crescente, sendo os valores do ranqueamento denominados postos. Nessa metodologia de Mulamba e Mock (1978), os postos atribuídos às diferentes variáveis são somados dando origem ao somatório de postos. Baseado nesse somatório, são selecionados aqueles postos com menor valor, por agregar um conjunto de caracteres favoráveis.

Posteriormente, para agregar rigor estatístico a esses ranqueamentos, conforme metodologia adotada por Silva e Bleicher (2010), submeteu-se os ranqueamentos à análise de variância e separação das médias por Scott-Knott, para discriminar a resistência do feijão-caupi ao pulgão-preto. Foi ainda estimada a resistência efetiva (RE) dos genótipos, obtida pela soma de ranqueamentos relativos às médias do número de adultos e de ninfas. A resistência efetiva corresponde a estimativa da reação simultânea dos genótipos aos adultos e ninfas. Com os ranqueamentos da média de adultos, número de ninfas e resistência efetiva, procederam-se testes de normalidade. Satisfeito esse quesito, efetuou-se análise univariada em blocos inteiramente casualizados, sem transformação de dados. As médias foram separadas em grupos pelo teste de Scott-Knott a 5% de probabilidade, originando a resposta conjunta de cada genótipo sobre o pulgão-preto.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados relativos ao número de adultos vivos, ninfas vivas, resistência efetiva e sua ação conjunta representada pela média de postos estão na Tabela 2.

A análise relativa ao número de adultos vivos separou os genótipos em dois grupos. No primeiro grupo, o dos resistentes, encontram-se as variedades crioulas: Sem denominação 1-DIP, Feijão de arrancada, Feijão moitinha, Feijão de moita, Cara preta e Roxim miúdo, conforme atestam os padrões de resistência BRS Guariba e TVu 408 P₂. Os demais genótipos foram semelhantes aos padrões de susceptibilidade.

A correta verificação do mecanismo de resistência aos adultos, em ensaios de livre escolha, é uma tarefa difícil. Mesmo em ensaios sem escolha, como os efetuados por Silva e Bleicher (2010), com dois dos padrões aqui utilizados, TVu 408 P₂ e VITA 7, verificou-se, para esses genótipos, a interferência do ambiente de confinamento. Portanto, a resistência aqui relatada para adultos (Tabela 2) não pode ser atribuída a um único mecanismo de resistência, antixenose ou antibiose, pois esses dois mecanismos podem

Table 2 - Genotypes, number of live adults (LA), number of live nymphs (LN), effective resistance (ER), post occupied by means (p) and mean number of posts ($\bar{x}p$) for *Vigna unguiculata* landraces submitted to infestation by *Aphis craccivora* in conditions of free choice

Tabela 2 - Genótipos, número de adultos vivos (NA), número de ninfas vivas (NN), resistência efetiva (R.E.), posto ocupado pelas médias (p) e média de postos ($\bar{x}p$) para variedades crioulas de *Vigna unguiculata*, submetidas a infestação por *Aphis craccivora* em condições de livre escolha

Trt	Genotypes	LA		p ⁽¹⁾	LN		p ⁽¹⁾	E.R	p ⁽¹⁾	$\bar{x}p$ ⁽²⁾
1	BRS Guariba	0	b ⁽³⁾	1	2.5	b ⁽³⁾	1	2	1	1.00 a ⁽³⁾
2	Sem denominação 1-DIP	0	b	1	4.3	b	2	3	2	1.67 a
3	Feijão de arrancada	0	b	1	4.3	b	2	3	2	1.67 a
4	Feijão moitinha	0	b	1	6.2	b	3	4	3	2.33 a
5	Feijão de moita	0.3	b	2	8.2	b	4	6	4	3.33 a
6	Cara preta	0.8	b	3	19	b	5	8	5	4.33 a
7	Roxim miúdo	0.8	b	3	28.7	b	6	9	6	5.00 a
8	TVu 408 P2	1.8	b	4	51	a	7	11	7	6.00 b
9	Feijão da Bahia	2.8	a	5	67	a	8	13	8	7.00 b
10	Cojô	3	a	6	82.8	a	10	16	9	8.33 b
11	Feijão da Consuelo Rocha	3	a	6	88.2	a	13	19	10	9.67 b
12	Santo Inácio vermelho	3.3	a	8	85	a	12	20	11	10.33 c
13	Jaguaribe custoso	4.2	a	12	81.8	a	9	21	12	11.00 c
14	Feijão do Raul	3.2	a	7	89	a	14	21	12	11.00 c
15	Xique-xique	4	a	11	83.8	a	11	22	13	11.00 c
16	Sem denominação 2-PMP	3.8	a	10	97.2	a	15	25	14	13.00 d
17	Coruja	3.3	a	8	102.5	a	17	25	14	13.00 d
18	Antônio dos Santos	4.2	a	12	98.2	a	16	28	15	14.33 d
19	Feijão manteiga	3.8	a	10	103.3	a	18	28	15	14.33 d
20	Feijão de moita vermelho	3.8	a	10	110.5	a	19	29	16	15.00 d
21	Feijão do Zé Artur	3.7	a	9	112.5	a	21	30	17	15.67 d
22	Jaguaribe da vagem branca	3.7	a	9	122.8	a	23	32	18	16.67 e
23	Santo Inácio	4.3	a	13	117.5	a	22	35	19	18.00 e
24	"Bagem" roxa	4.8	a	16	112.2	a	20	36	20	18.67 e
25	VITA 7	4.5	a	14	124	a	24	38	21	19.67 e
26	BR 17-Gurguéia	4.8	a	16	128	a	25	41	22	21.00 e
27	Sem denominação 3	4.7	a	15	131.7	a	26	41	22	21.00 e
CV %		37.4		33.7				31.5		

1/ Post occupied by the observed variable. 2/ Average of the posts by the Mulamba e Mock (1978) methodology, 3/ Averages followed by equal letters in the columns do not differ by the Scott-Knott test at 5% probability. The means of the number of adults and nymphs were transformed by the expression $(x+0.5)/0.5$ for the purpose of statistical analysis.

1/ Post occupied by the observed variable. 2/ Average of the posts by the Mulamba e Mock (1978) methodology, 3/ Averages followed by equal letters in the columns do not differ by the Scott-Knott test at 5% probability. The means of the number of adults and nymphs were transformed by the expression $(x+0.5)/0.5$ for the purpose of statistical analysis.

That the IITA access TVu 408 P₂ did not fully fall within the resistant group clustered around BRS Guariba, characterizes this landrace as partially resistant, since, as shown in the effective resistance analyses, five distinct groups were formed. This fact suggests that substantial variation exists for this character between the landraces is analyzed here. It also shows that, the methods can distinguish between the varying levels of susceptibility to the pest possessed by the analysed genotypes involved (SILVA, 2017).

Mean infestation value (\bar{x}_p), showed that there were five statistically distinct groups (a, b, c, d e e) of aphid resistance within the sampled genotypes (Table 2). This extensive variation between genotypes indicates that the state of Ceará may be an important source of *V. unguiculata* variability, at least in terms of resistance to *A. craccivora*.

The genotypes sem denominação 1-DIP, Feijão de arrancada, Feijão moitinha, Feijão de moita, Cara preta and Roxim miúdo showed high levels of black aphid resistance, when compared to the standard BRS Guariba. In descending order the genotypes Feijão da Bahia, Cojô and Feijão da Consuelo Rocha were resistant, with values matching those of the TVu 408 P₂ standard (Table 2).

Table 2 also shows, a series of genotypes that had intermediate resistance (Group c: Santo Inácio vermelho, Jaguaribe custoso, Feijão do Raul and Xique-xique); there was also a group of six landraces that were susceptible to black aphid infection (Group d: Sem denominação 2-PMP, Coruja, Feijão do Antônio dos Santos, Feijão manteiga, Feijão de moita vermelho and Feijão do Zé Artur).

High susceptibility equal to the standards VITA 7 and BR 17-Gurguéia was found for the genotypes Jaguaribe da vagem branca, Santo Inácio, “Bagem” roxa and Sem Denominação 3-GN (Table 2).

This study showed six highly resistant varieties (Group a) and three with moderate resistance (Group b). As Table 1 shows these come from four ecologically distinct regions, therefore, are likely to show between-landrace variability. Such variation is important given the observation of Souleymane *et al.* (2013) that the aphid resistance identified in IITA cultivars has recently been broken, thus indicating a need for screening to identify new sources of *A. craccivora* resistance. This may also be the fate of cowpea cultivars introduced to Brazil especially, as Xavier *et al.* (2005) point out, the germplasm they carry has a narrow origin. More serious is the fact that 22 of the 45 accessions studied by these authors come from Nigeria and belong to the Germplasm Bank of the International Institute of Tropical Agriculture (IITA), suggesting that a broad sample must be imported to overcome these constraints.

estar envolvidos em diferentes proporções (ANNAN *et al.*, 1997; OBOPILE; OSILILE, 2010).

Com relação a variedade TVu 408P₂ (resistente) não fazer parte do grupo dos resistentes encabeçada pela BRS Guariba, caracteriza-a como parcialmente resistente, uma vez que cinco grupos de susceptibilidade foram formados. Esse fato sugere uma grande variação quanto a esse caráter nas variedades aqui analisadas. Assim, a depender dos genótipos envolvidos, os padrões utilizados podem discriminar grupos distintos de susceptibilidade à praga (SILVA, 2017).

Na ação conjunta dos genótipos sobre o pulgão-preto, representada pela média de postos (x_p), verifica-se a formação de cinco grupos (a, b, c, d e e) estatisticamente distintos (Tabela 2). Essa diferenciação entre os genótipos indica que a coleta efetuada possibilitou apontar o estado do Ceará como uma importante fonte de variabilidade de *V. unguiculata*, ao menos para resistência ao *A. craccivora*.

Os genótipos sem denominação 1-DIP, Feijão de arrancada, Feijão moitinha, Feijão de moita, Cara preta e Roxim miúdo evidenciaram alta resistência ao pulgão-preto quando comparados ao padrão de resistência BRS Guariba. Na sequência, os genótipos Feijão da Bahia, Cojô e Feijão da Consuelo Rocha foram resistentes, equiparando-se ao padrão TVu 408 P₂ (Tabela 2).

Nessa mesma Tabela 2, verifica-se, pelo critério da resistência relativa, um grupo de genótipos apontados como intermediários (Grupo c: Santo Inácio vermelho, Jaguaribe custoso, Feijão do Raul e Xique-xique); observa-se ainda um grupo de seis variedades crioulas susceptíveis (Grupo d: Sem denominação 2-PMP, Coruja, Feijão do Antônio dos Santos, Feijão manteiga, Feijão de moita vermelho e Feijão do Zé Artur).

A alta susceptibilidade atestada pelos padrões VITA 7 e BR 17-Gurguéia foi verificada nos genótipos Jaguaribe da vagem branca, Santo Inácio, “Bagem” roxa e Sem Denominação 3-GN (Tabela 2).

Este estudo apontou seis variedades altamente resistentes (Grupo a) e três com resistência moderada (Grupo b). Se for observada a origem desses genótipos (Tabela 1), verifica-se que procedem de quatro regiões ecologicamente distintas, portanto, também apresentam variabilidade. Essa variabilidade é importante se for considerado o alerta de Souleymane *et al.* (2013), de que a resistência identificada nas cultivares do IITA foi recentemente quebrada, indicando a necessidade de triagens para identificar novas fontes de resistência ao *A. craccivora*. Nesse sentido, o mesmo pode ocorrer às cultivares lançadas no Brasil, pois Xavier *et al.* (2005) alertam para uma origem estreita do germoplasma do feijão-caupi em uso no Brasil. Sendo mais grave o fato de que 22 dos 45 acessos estudados por esses autores são oriundos da Nigéria e pertencem ao Banco de Germoplasma do International Institute of Tropical Agriculture (IITA), o que sugere a importação de uma amostra maior de genótipos para contornar estas restrições.

The breakage of resistance, in the specific case of the bean *V. unguiculata* and the aphid *A. craccivora*, is usually attributed to the invasion of insect biotypes that were either already present in some part of the species' geographic range or which have recently appeared. The lack of resistance by cowpea genotypes considered resistant in other environments has been reported by Messina *et al.* (1985), Silva and Bleicher (2010), Dogimont *et al.* (2010), Aliyu and Ishiyaku (2013), Souleymane *et al.* (2013) and Huynh *et al.* (2015).

In view of the breach of resistance of widely-cultivated cowpea varieties to *A. craccivora*, it is essential to collect cowpea landraces, and to deposit in germplasm banks and evaluate them for evaluations of landraces so that they may be used in breeding programs of the species.

Typically, landrace varieties occur in a restricted geographic area. This fact, associated to the time that the form has been used in the community or region, favors the selection for these edaphoclimatic and anthropic conditions, and so promotes the development of new genotypes with different genetic characteristics from those of the same species but in other regions.

CONCLUSIONS

The varieties Sem Denominação-1-DIP, Feijão de arrancadas, Feijão moitinha, Feijão de moita, Cara preta and Roxim miúdo are resistant to black aphid and can be used in breeding programs to genetically improve cowpea resistance to this pest;

In the state of Ceará antibiosis is the main mechanism by which cowpea landraces resist *A. craccivora* infestation.

A quebra da resistência, no caso específico do binômio *V. unguiculata* e *A. craccivora*, é normalmente atribuída à existência geográfica ou ao surgimento de biótipos do inseto. A falta de resistência em genótipos considerados resistentes em outros ambientes foi relatada por Messina *et al.* (1985), Silva e Bleicher (2010), Dogimont *et al.* (2010), Aliyu e Ishiyaku (2013), Souleymane *et al.* (2013) e Huynh *et al.* (2015).

Diante da perspectiva da quebra de resistência das variedades largamente cultivadas de feijão-caupi ao *A. craccivora* é que se torna indispensável a coleta, o depósito em bancos de germoplasma e as avaliações das variedades crioulas para serem usadas em programas de melhoramento genético da espécie.

Normalmente, as variedades crioulas ocorrem em uma área geográfica restrita. Esse fato, associado ao tempo que é utilizado na comunidade ou região, propicia a seleção para essas condições edafoclimáticas e antrópicas de novos genótipos com características genéticas diferentes de outras regiões de cultivo da mesma espécie.

CONCLUSÕES

As variedades Sem Denominação-1-DIP, Feijão de arrancadas, Feijão moitinha, Feijão de moita, Cara preta e Roxim miúdo são resistentes ao pulgão-preto e podem ser utilizadas em programas de melhoramento genético visando obter cultivares resistentes a essa praga;

A antibiose é o principal mecanismo de resistência apresentado pelas variedades crioulas de feijão-caupi ao *A. craccivora*, no estado do Ceará.

CITED SCIENTIFIC LITERATURE

ALIYU, H.; ISHIYAKU, M. F. Identification of novel resistance gene sources to cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch) in cowpea (*Vigna unguiculata* L.). **Pakistan Journal of Biological Sciences**, v. 16, n. 15, p. 743-746, 2013. <http://dx.doi.org/10.3923/pjbs.2013.743.746>.

ALMEIDA, P.; CORDEIRO, A. **Semente da paixão**: estratégia comunitária de conservação de variedades locais no semi-árido. Rio de Janeiro: AS-PTA, 2002, 72p.

AHMAN, I. Breeding for inducible resistance against insects: applied plant breeding aspects. **IOBC/WPRS**, v. 44, p. 121-130, Abr. 2006.

ANNAN I. B.; TINGEY W. M.; SCHAEFERS G. A. Population dynamics and clonal comparisons of *Aphis craccivora* (Homoptera: Aphididae) on resistant and susceptible cowpea cultivars. **Environmental Entomology**, v. 26, p. 250-255, 1997.

BANDEIRA, H.F.S.; LIMA, A.C.S.; STRUCKER, A.; TRASSATO, L.B.; DIONISIO, L.F.S. Preferência do pulgão-preto e da cigarrinha-verde em diferentes genótipos de feijão-caupi em Roraima. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 9, p. 79-85, 2015.

BATA, H. D.; SINGH, B. B.; SINGH, S. R.; LANDEINDE, T. A. O. Inheritance of resistance to aphid in cowpea. **Crop Science**, v. 27, p. 892-894, 1987.

- BERBERET, R. C.; GILES, K. L.; ZARRABI, A. A.; PAYTON, M. E. Development, reproduction, and within-plant infestation patterns of *Aphis craccivora* (Homoptera: Aphididae) on alfalfa. **Environmental Entomology**, v. 38, n. 6, p. 1765-1771, 2009. doi:10.1603/022.038.0630.
- DOGIMONT, C.; BENDAHDANE, A.; CHOVELON, V.; BOISSOT, N. Host plant resistance to aphids in cultivated crops: genetic and molecular bases and interactions with aphid populations. **Comptes Rendus Biologies**, v. 333, p. 566-573, 2010.
- FREITAS, A. S.; CEZAR, M.A.; AMBRÓSIO, M. M. Q.; SILVA, A. D. F.; ARAGÃO, M. L.; LIMA, J. A. A. Ocorrência de vírus em cultivos de feijoeiro-caupi no Sertão da Paraíba. **Tropical Plant Pathology**, v. 37, n. 4, p.286-290. 2012.
- FREIRE FILHO, F. R.; CARDOSO, M. J.; ARAÚJO, A. G. de. Caupi: nomenclatura científica e nomes vulgares. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 18, n. 12, p. 1369-1372, 1983.
- FREIRE FILHO, F. R.; LIMA, J. A. A.; RIBEIRO, V. Q. (Ed.). **Feijão-caupi: avanços tecnológicos**, Brasília: Embrapa Informação Tecnológica; Teresina: Embrapa Meio Norte, 2005, 509 p.
- FREIRE FILHO, F. R. **Feijão-caupi no Brasil: produção, melhoramento genético, avanços e desafios**, Brasília: Embrapa Meio-Norte, 2011. 84 p
- HUYNH, B.; EHLERS, J. D.; NDEVE, A.; WANAMAKER, S.; LUCAS, M. R.; CLOSE, T. J.; ROBERTS, P. A. Genetic mapping and legume synteny of aphid resistance in African cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp.) grown in California. **Molecular Breeding**, v. 35, n. 1, 2015. <http://dx.doi.org/10.1007/s11032-015-0254-0>.
- MELVILLE, C. C.; LIMA, A. C. S.; MORAIS, E. G. F. de; OLIVEIRA, N. T. de Preferência do pulgão-preto, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae), a genótipos de feijão-caupi. **Revista Agro@ambiente On-line**, v. 10, n. 2, p. 153-150, 2016. <http://dx.doi.org/10.18227/1982-8470ragro.v10i2.3042>.
- MESSINA, F. J.; RENWICK, J. A. A.; BARMORE, J. L. Resistance to *Aphis craccivora* (Homoptera: Aphididae) in selected varieties of cowpea. **Journal of Entomological Science**, v. 20, p. 263-269, 1985.
- MORAES, J. G. L.; BLEICHER, E. Preferência do pulgão-preto, *Aphis craccivora* Koch, a diferentes genótipos de feijão-de-corda, *Vigna unguiculata* (L.) Walp. **Ciência Rural**, v. 37, p. 1554-1557, 2007.
- MULAMBA, N. N.; MOCK, J. J. Improvement of yield potential of the method Eto Blanco maize (*Zea mays* L.) population by breeding for plant traits. **Egyptian Journal of Genetics and Cytology**, v. 7, p. 40-51, 1978.
- OLIVEIRA, C. R. R.; FREIRE FILHO, F. R.; NOGUEIRA, M. S. R.; BARROS, G. B.; EIRAS, M.; RIBEIRO, V. Q.; LOPES, A. C.A. Reação de genótipos de feijão-caupi revela resistência às coinfeccções pelo *Cucumber mosaic virus*, *Cowpea aphid-borne mosaic virus* e *Cowpea severe mosaic virus*. **Bragantia**, v. 71, n. 1, p. 59-66, 2012.
- OLIVEIRA, E.; MATTAR, E. P. L.; ARAÚJO, M. L. de; JESUS, C. S. de; NAGY, A. C. G.; SANTOS, V. B. dos Descrição de cultivares locais de feijão-caupi coletados na microrregião Cruzeiro do Sul, Acre, Brasil. **Acta Amazônica**, v. 45, n. 3, p. 243-254, set. 2015. <http://dx.doi.org/10.1590/1809-4392201404553>.
- OBOPILE, M.; OSITILE, B. Life table and population parameters of cowpea aphid, *Aphis craccivora* Koch (Homoptera: Aphididae) on five cowpea *Vigna unguiculata* (L. Walp.) varieties. **Journal of Pest Science**, v. 83, p. 9-14, 2010.
- PATHAK, R. S. Genetics of resistance to aphid in cowpea. **Crop Science**, v. 28, p. 474-476, 1988.
- RADHA, R. Comparative studies on the Effectiveness of Pesticides for Aphid control in Cowpea. **Research Journal of Agriculture and Forestry Science**, v. 1, p. 1-7. 2013.
- SILVA, L. C. **Linhagens avançadas e cultivares de feijão-caupi resistentes ao pulgão-preto**. 2017. 79p. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Ciências Agrárias, Programa de Pós Graduação em Agronomia (Fitotecnia). Fortaleza. 2017.
- SILVA, J. F.; BERTINI, C. H. C. M.; BLEICHER, E.; MORAES, J. G. L. Divergência genética de genótipos de feijão-de-corda quanto à resistência ao pulgão-preto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 47, n. 7, p. 948-954, 2012.
- SILVA, J. F.; BLEICHER, E. Resistências de genótipos de feijão-de-corda ao pulgão-preto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 45, n. 10, p. 1089-1094, 2010.

SINGH, S. R. Cowpea cultivars resistant to pest in world germplasm collection. **Tropical Grain Legume Bulletin**, v. 9, p. 3-7. 1977.

SOULEYMANE, A.; AKEN'OVA, M. E.; FATOKUN, C. A.; ALABI, O. Y.; Screening for resistance to cowpea aphid (*Aphis craccivora* Koch) in wild cultivated cowpea (*Vigna unguiculata*) Walp. accessions. **International Journal of Science, Environment and Technology**, v. 2, p. 611-621, 2013.

XAVIER, G. R.; MARTINS, L. M. V.; RUMJANEK, N. R.; FREIRE FILHO, F. R. Variabilidade genética em acessos de caupi analisada por meio de marcadores RAPD. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 40, n. 4, p. 353-359, 2005.