

Contribuição de variáveis de produção e de semente para a divergência genética em maracujazeiro-azedo sob diferentes disponibilidades de nutrientes

Daniele Lima Rodrigues⁽¹⁾, Alexandre Pio Viana⁽¹⁾, Henrique Duarte Vieira⁽¹⁾, Eileen Azevedo Santos⁽¹⁾, Fernando Higino de Lima e Silva⁽¹⁾ e Carlos Lacy Santos⁽¹⁾

⁽¹⁾Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Avenida Alberto Lamego, nº 2.000, Parque Califórnia, CEP 28013-602 Campos dos Goytacazes, RJ, Brasil. E-mail: danilr.daniele@gmail.com, pirapora@uenf.br, henrique@uenf.br, eileenazevedo@yahoo.com.br, fernandohiginolima@gmail.com, carloslacysantos@yahoo.com.br

Resumo – O objetivo deste trabalho foi avaliar a contribuição relativa de variáveis relacionadas à produção de frutos e a características morfofisiológicas das sementes para a divergência genética em progênies de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis*), com vistas à seleção de progênies potencialmente responsivas à fertilização. Dez progênies foram avaliadas em condições de baixa (50% da dose recomendada de fertilizantes) e alta fertilidade do solo (dose 50% superior à recomendada), quanto a conjuntos de variáveis de produção e de características morfológicas e fisiológicas das sementes. A associação entre esses conjuntos foi determinada pela análise de correlação canônica e pelo método de agrupamento do vizinho mais próximo. Os ambientes nutricionais interferiram na contribuição relativa das variáveis para a divergência genética das progênies. O teste de envelhecimento acelerado das sementes – do conjunto de variáveis de qualidade fisiológica – não contribuiu significativamente para a seleção de genótipos responsivos à adubação. As progênies mais responsivas ao aumento da disponibilidade de nutrientes foram agrupadas de acordo com as variáveis de produção avaliadas em condições de alta fertilidade do solo. Independentemente do ambiente avaliado, o conjunto de variáveis de produção é o que mais expressivamente contribui para a identificação da divergência genética de progênies de maracujazeiro-azedo.

Termos para indexação: *Passiflora edulis*, análise canônica, análise de agrupamento, qualidade do fruto, qualidade fisiológica das sementes, responsividade à adubação.

Contribution of production and seed variables to the genetic divergence in passion fruit under different nutrient availabilities

Abstract – The objective of this work was to evaluate the relative contribution of variables related to fruit production and to seed morphophysiological characteristics to the genetic divergence in passion fruit (*Passiflora edulis*) progenies, aiming at selecting progenies potentially responsive to fertilization. Ten progenies were evaluated under conditions of low (50% of the recommended dose of fertilizers) and high soil fertility (dose 50% higher than the recommended one), regarding variable sets related to production and to the morphological and physiological characteristics of seeds. The association between these sets was determined by the canonical correlation analysis and by the nearest-neighbor clustering method. The nutritional environments interfered in the relative contribution of the variables to the genetic divergence of the progenies. The accelerated aging test of seeds – from the set of seed physiological quality – did not contribute significantly to the selection of genotypes responsive to soil fertilization. The most responsive progenies to the increased availability of nutrients were grouped according to the production variables that were evaluated under high soil fertility. Irrespectively of the evaluated environment, the set of production variables is the one that contributes more expressively to the identification of the genetic divergence of passion fruit progenies.

Index terms: *Passiflora edulis*, canonical analysis, cluster analysis, fruit quality, seed physiological quality, responsiveness to fertilization.

Introdução

O maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis* Sims) alcançou posição de destaque na fruticultura nacional,

tanto pelo aumento da demanda, no mercado in natura e industrial, quanto pelo interesse dos produtores por uma cultura de ciclo mais curto do que o de outras fruteiras. O Brasil produz anualmente mais de 800

mil toneladas de maracujá; porém, com produtividade média de apenas 14 Mg ha⁻¹ (IBGE, 2014).

A existência de diversidade genética é um aspecto fundamental para programas de melhoramento. No caso do maracujazeiro-azedo, o desenvolvimento de cultivares com melhores características agronômicas está estreitamente relacionado à variabilidade genética em gerações segregantes (Bruckner et al., 1995; Viana et al., 2007). A análise multivariada é um método eficiente para calcular a similaridade entre genótipos representantes da população. Isso porque utiliza variáveis específicas de interesse e possibilita a formação de grupos com variação mínima entre indivíduos, e máxima entre grupos (Crossa & Franco, 2004).

Cruz et al. (2012) apontam o uso de correlações canônicas como de grande importância para avaliar a correlação máxima entre dois complexos de variáveis. Esta análise vem sendo utilizada em fruteiras para avaliar: relação entre solo e planta, em pessegueiro (Terra et al., 2014); características agronômicas do maracujazeiro (Neves et al., 2013); propriedades físicas e químicas de fruto e suco do maracujá (Espitia-Camacho et al., 2008); atributos biológicos e químicos do solo, na cultura da macieira (Maluche-Baretta et al., 2006); e características de qualidade dos frutos e de produção do maracujá-azedo (Viana et al., 2003).

O método de agrupamento hierárquico pode unificar genótipos por meio de medidas de similaridade, até que um dendrograma seja estabelecido (Cruz et al., 2012). Vários estudos vêm sendo desenvolvidos para quantificar e caracterizar a diversidade genética de *Passiflora*, principalmente para identificar genótipos superiores (Viana et al., 2006; Gonçalves et al., 2007; Araújo et al., 2008; Silva et al., 2009; Krause et al., 2012; Paiva et al., 2014). Variáveis morfológicas de planta e de produção são comumente utilizadas para esse fim; porém, o uso de variáveis morfológicas e de qualidade fisiológica das sementes (germinação e vigor) é pouco usual (Brum et al., 2011).

Além disso, pouco se sabe sobre os impactos da fertilidade do solo ou da disponibilidade de nutrientes sobre a avaliação da divergência genética em maracujazeiro. Isso pode constituir um problema, já que, comumente, há resposta diferenciada das progênies ao manejo da adubação, a qual influencia a produtividade de frutos, bem como o tamanho e a

massa das sementes (Borges et al., 2006; Nascimento et al., 2011; Carvalho & Nakagawa, 2012).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a contribuição relativa de variáveis relacionadas à produção de frutos e a características morfofisiológicas das sementes para a divergência genética em progênies de maracujazeiro-azedo, com vistas à seleção de progênies potencialmente responsivas à fertilização.

Material e Métodos

Dez progênies de maracujazeiro-azedo – 57x15, 144x130, 112x42, 117x19, 68x135, 81x117, 132x15, 144x42, 68x15 e 46x14 –, do terceiro ciclo do programa de seleção recorrente intrapopulacional da Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro (Uenf), foram submetidas a dois níveis de adubação, de acordo com os resultados da análise do solo. A dose utilizada para a adubação 1 foi 50% inferior à média recomendada para a cultura (Carvalho et al., 2000), com 135 g de ureia por planta por ano e 270 g de KCl por planta por ano. Na adubação 2, utilizou-se uma dose 50% superior à média recomendada para a cultura, com 405 g de ureia por planta por ano e 810 g de KCl por planta por ano. As adubações foram parceladas e aplicadas mensalmente.

O experimento foi implantado na Unidade Experimental da Uenf, em Itaocara, município situado no Noroeste do Estado do Rio de Janeiro, de setembro de 2012 a maio de 2014. Utilizou-se o delineamento experimental de blocos ao acaso, em parcelas subdivididas, com dez progênies na parcela principal e dois níveis de adubação nas subparcelas, com duas repetições de três plantas cada uma.

As características de produção avaliadas foram: produtividade (Mg ha⁻¹); massa média do fruto (g), tendo-se pesado dez frutos por parcela, em balança com duas casas decimais; massa da polpa (g), a partir da média dos dez frutos, também em balança com duas casas decimais; e número de frutos por planta.

As sementes desses frutos foram obtidas por meio de fricção em peneira de malha de aço, em água corrente, até a remoção do arilo. Em seguida, foram secas à temperatura ambiente, por 48 horas, para avaliação quanto às seguintes variáveis: relação comprimento/largura de 15 sementes, mensuradas com paquímetro digital; espessura média das 15 sementes (mm), também com paquímetro digital; massa de mil sementes (g),

obtida pela média de oito repetições, em balança com três casas decimais (Brasil, 2009); teste de germinação, em que as médias dos tratamentos foram obtidas aos 28 dias do início do teste, a partir de quatro repetições com 50 sementes, as quais foram dispostas entre três folhas de papel de germinação umedecidas com água destilada, na proporção de duas vezes a massa do substrato, a temperaturas alternadas de 20–30°C, em câmara de germinação (Brasil, 2009); primeira contagem de germinação, avaliada juntamente com o teste de germinação, com registro de plântulas normais aos 14 dias; envelhecimento acelerado, em que as sementes foram colocadas sobre tela de alumínio, em caixa de plástico tipo gerbox, com 40 mL de água, na qual permaneceram por 48 horas à temperatura de 40°C, em câmara de germinação (Larré et al., 2007), antes de serem submetidas à mesma metodologia do teste de germinação com registro de plântulas normais aos 28 dias (Brasil, 2009); primeira contagem do teste de envelhecimento acelerado, com contagem das plântulas normais aos 14 dias; tamanho de plântula, tendo-se utilizado as dez plântulas localizadas na fileira superior do rolo de papel, ao final do teste de germinação (Negreiros et al., 2008); tamanho de radícula, obtido a partir da mensuração das radículas das dez plântulas localizadas na fileira superior do rolo, ao final do teste de germinação (Negreiros et al., 2008); e índice de velocidade de germinação, com registro do número de plântulas normais a cada quatro dias (Maguire, 1962).

A correlação canônica foi utilizada para estimar a máxima correlação das combinações lineares (Cruz et al., 2012) entre características de produção (conjunto 1: produtividade, massa de polpa, massa de fruto e número de frutos por planta), características morfológicas das sementes (conjunto 2: relação comprimento/largura de sementes, espessura e massa de mil sementes) e características fisiológicas das sementes (conjunto 3: potencial de germinação, primeira contagem de germinação, primeira contagem do teste de envelhecimento acelerado, envelhecimento acelerado, tamanho de plântulas, tamanho de radícula e índice de velocidade de germinação). Utilizaram-se os seguintes modelos para a obtenção das combinações lineares: $X_i = a_1X_1 + a_2X_2 + \dots + a_pX_p$; $Y_i = b_1Y_1 + b_2Y_2 + \dots + b_pY_p$, em que: X_i e Y_i representam uma das possíveis combinações lineares entre os caracteres dos conjuntos 1, 2 e 3, nas adubações 1 e 2.

A primeira correlação canônica maximiza a relação entre X_i e Y_i , e constitui o primeiro par canônico, expresso pela equação:

$$r_1 = \text{Côv}(X_1, Y_1) / \sqrt{\widehat{V}(X_1) \widehat{V}(Y_1)} \text{ em que:}$$

$$\text{Côv}(X_1, Y_1) = a'S_{12}b; \widehat{V}(X_1) = a'S_{11}a; \widehat{V}(Y_1) = b'S_{22}b;$$

neste caso, S_{11} é a matriz de covariância $p \times p$ entre os caracteres do conjunto 1; S_{22} é a matriz de covariância $q \times q$, entre os caracteres do conjunto 2; e S_{12} é a matriz de covariância $p \times q$, entre os caracteres dos conjuntos 1 e 2.

As demais correlações canônicas e pares canônicos foram estimados com o uso dos autovalores e dos autovetores das expressões descritas, de ordem correspondente à p ou q -ésima correlação estimada. A significância da hipótese de que todas as possíveis correlações canônicas eram nulas foi avaliada pelo teste do qui-quadrado (X^2):

$$X^2 = \log_e \left[\prod_{i=k+1}^s (1 - r_i^2) \right]$$

As análises de correlações canônicas foram processadas pelo programa Genes (Cruz, 2013). As variáveis avaliadas foram utilizadas para estudo da divergência genética em diferentes ambientes, com base na distância generalizada de Mahalanobis e no método de agrupamento pareado não ponderado com uso de médias aritméticas (UPGMA). A avaliação da contribuição relativa dos caracteres para a divergência foi feita pelo método de Singh, tendo-se avaliado os seguintes parâmetros: produtividade, massa de polpa, massa de fruto, número de frutos por planta, relação comprimento/largura de sementes, massa de mil sementes, potencial de germinação, primeira contagem de germinação, envelhecimento acelerado, tamanho de plântulas, tamanho de radícula e índice de velocidade de germinação. As variáveis foram calculadas com médias não padronizadas, e as análises de agrupamento entre os genótipos, nos dois níveis de adubação, foram realizadas pelo programa Genes (Cruz, 2013).

Resultados e Discussão

Na combinação de variáveis conjunto 1/conjunto 2, os três pares canônicos não foram significativos quanto aos níveis de adubação 1 e 2 (Tabela 1). Na combinação

de variáveis conjunto 2/conjunto 3, o primeiro e o segundo pares canônicos foram significativos quanto à adubação 1, e apenas o primeiro par canônico foi significativo quanto à adubação 2. Na combinação de variáveis conjunto 1/conjunto 3, o primeiro e o segundo pares canônicos foram significativos quanto aos dois níveis de adubação. Os coeficientes dos pares foram estimados para verificar as relações entre os conjuntos. No caso de significância dos testes, o primeiro par canônico foi utilizado na interpretação dos dados, uma vez que ele maximiza a relação entre X_1 e Y_1 (Cruz et al., 2012).

Na combinação de características morfológicas e fisiológicas (germinação e vigor) das sementes (conjunto 2/conjunto 3), a variável espessura de sementes apresentou maior influência sobre as seguintes variáveis (Tabela 2): germinação; primeira contagem do teste de envelhecimento acelerado (PCEA); tamanho de radícula e índice de velocidade de germinação (IVG) na adubação 1, com menor disponibilidade de nutrientes. Já na adubação 2, a variável massa de mil sementes apresentou influência sobre as variáveis germinação, primeira contagem de germinação e tamanho de plântula. Independentemente do nível de adubação, a única variável do conjunto 3 que não foi influenciada foi a do envelhecimento acelerado.

Brum et al. (2011) constataram correlações canônicas significativas entre as variáveis morfológicas de sementes e de plântulas de mamoneira (*Ricinus*

communis L.); entretanto, os autores não estudaram essas correlações em resposta à adubação.

Na combinação conjunto 2/conjunto 3, o maior coeficiente de correlação na adubação 1 foi obtido quanto ao tamanho de radícula. De acordo com Tozzi & Takaki (2011), à medida que ocorre a germinação, os corpos proteicos identificados nos cotilédones são degradados e consumidos quase totalmente, até o momento da protrusão da radícula. Assim, quanto mais rápido for esse processo de protrusão da radícula, mais vigorosa é a plântula, pois mostra maior capacidade de transformar o suprimento de reserva em tecidos meristemáticos, o que pode explicar o fato de a variável tamanho de radícula ter apresentado grande influência no coeficiente de correlação.

Na adubação 2, a maior correlação positiva foi observada com as variáveis germinação, primeira contagem de germinação e tamanho de plântula; enquanto, na adubação 1, apenas as variáveis de vigor PCEA, tamanho de radícula e IVG apresentaram valores maiores de correlação, com pequena contribuição da variável germinação (Tabela 2).

Na combinação de características de produção e de germinação e vigor das sementes (conjunto 1/conjunto 3), a variável número de frutos apresentou a maior contribuição sobre a influência das variáveis tamanho de plântula e IVG, na adubação 1 (Tabela 2). Na adubação 2, as variáveis produtividade e massa de fruto apresentaram grande contribuição para as variáveis de vigor primeira contagem de germinação, tamanho de radícula e IVG.

Tabela 1. Graus de liberdade e valores de qui-quadrado, obtidos pela análise de correlação canônica entre conjuntos de variáveis de produção (conjunto 1) e de características morfológicas (conjunto 2) e fisiológicas relacionadas à germinação e ao vigor das sementes (conjunto 3), para genótipos de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis*), em tratamentos com dois níveis de adubação⁽¹⁾.

| Combinação | Grau de liberdade | | | | Qui-quadrado | | | |
|-----------------------|-------------------|-------|-------|-------|---------------------|---------------------|--------------------|--------------------|
| | 1° PC | 2° PC | 3° PC | 4° PC | 1° PC | 2° PC | 3° PC | 4° PC |
| | Fertilização 1 | | | | | | | |
| Conjunto 1/conjunto 2 | 12 | 6 | 2 | - | 23,30 ^{ns} | 6,13 ^{ns} | 0,34 ^{ns} | - |
| Conjunto 2/conjunto 3 | 21 | 12 | 5 | - | 89,59* | 39,30* | 9,01 ^{ns} | - |
| Conjunto 1/conjunto 3 | 28 | 18 | 10 | 4 | 153,49* | 56,78* | 9,18 ^{ns} | 3,93 ^{ns} |
| | Fertilização 2 | | | | | | | |
| Conjunto 1/conjunto 2 | 12 | 6 | 2 | - | 12,8 ^{ns} | 5,50 ^{ns} | 0,59 ^{ns} | - |
| Conjunto 2/conjunto 3 | 21 | 12 | 5 | - | 74,07* | 24,64 ^{ns} | 3,27 ^{ns} | - |
| Conjunto 1/conjunto 3 | 28 | 18 | 10 | 4 | 156,41* | 59,70* | 7,48 ^{ns} | 1,03 ^{ns} |

⁽¹⁾Adubação 1, 50% da dose média recomendada para a cultura; e adubação 2, dose 50% superior à média recomendada para cultura. ^{ns}Não significativo. *Significativo a 5% de probabilidade. PC, par canônico.

Balkaya et al. (2011) constataram que a variável número total de frutos (conjunto 1) e as variáveis diâmetro e comprimento do fruto (conjunto 2) são as que mais contribuem para a capacidade explicativa de variáveis canônicas; portanto, devem ser usadas na seleção de genótipos de abóbora (*Cucurbita maxima* Duch.) mais produtivos. No presente trabalho, a variável número de frutos também foi a que mais contribuiu para a produção da cultura na adubação 1.

Na combinação conjunto 1/conjunto 3, a variável produtividade correlacionou-se negativamente com as variáveis do conjunto 3, de maior influência na adubação 1 (tamanho de plântula e IVG); na adubação 2, a produtividade foi a variável de maior influência no conjunto 1, enquanto o IVG foi a única variável com

Tabela 2. Coeficientes de correlação canônica entre conjuntos de variáveis de produção (conjunto 1) e de características morfológicas (conjunto 2) e fisiológicas relacionadas à germinação e ao vigor das sementes (conjunto 3), para genótipos de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis*), em tratamentos com dois níveis de adubação⁽¹⁾.

| Variável | Adubação 1 Adubação 2 | |
|---|-----------------------|------------|
| | | Conjunto 2 |
| Comprimento/largura da semente | 0,2876 | -0,1043 |
| Espessura da semente (cm) | 0,6703 | -0,3519 |
| Massa de mil sementes (g) | -0,7261 | 0,8214 |
| | Conjunto 3 | |
| Germinação (%) | 0,5579 | 2,0100 |
| 1ª contagem de germinação (%) | -0,7355 | 0,9945 |
| 1ª contagem do envelhecimento acelerado (%) | 1,0768 | -0,8246 |
| Envelhecimento acelerado (%) | -2,4011 | -1,1491 |
| Tamanho de plântula (cm) | -0,4740 | 1,5421 |
| Tamanho de radícula (cm) | 1,9895 | -0,7226 |
| Índice de velocidade de germinação | 1,5699 | -1,9372 |
| Correlação total | 0,9994 | 0,9993 |
| | Conjunto 1 | |
| Produtividade (Mg ha ⁻¹) | -0,8244 | 2,1200 |
| Massa de fruto (g) | 0,3546 | 1,3835 |
| Massa de polpa (g) | 0,3841 | -1,7709 |
| Número de frutos | 1,4747 | -1,5966 |
| | Conjunto 3 | |
| Germinação (%) | -3,8440 | -0,2897 |
| 1ª contagem de germinação (%) | -2,9676 | 6,3712 |
| 1ª contagem do envelhecimento acelerado (%) | -1,3806 | -4,4471 |
| Envelhecimento acelerado (%) | -0,4360 | 0,2574 |
| Tamanho de plântula (cm) | 1,7479 | -9,8177 |
| Tamanho de radícula (cm) | -0,2192 | 4,1004 |
| Índice de velocidade de germinação | 3,7576 | 2,8057 |
| Correlação total | 1,0018 | 1,0022 |

⁽¹⁾Adubação 1, 50% da dose média recomendada para a cultura; e adubação 2, dose 50% superior à média recomendada para cultura.

grande influência no conjunto 3, para ambos os níveis de adubação (Tabela 2). Isso confirma o IVG como um bom teste de vigor para identificar lotes ou genótipos superiores (Nakagawa, 1999). Ainda nessa mesma combinação, a variável germinação correlacionou-se negativamente com as variáveis do conjunto 1; já, na combinação conjunto 2/conjunto 3, ela correlacionou-se positivamente com as variáveis do conjunto 2, independentemente do nível de adubação.

A variável de resistência ao estresse envelhecimento acelerado não se correlacionou positivamente – ou não exerceu grande influência – nas combinações conjunto 2/conjunto 3 e conjunto 1/conjunto 3. Desse modo, seu uso não constitui uma boa alternativa para a seleção de genótipos superiores de maracujazeiro-azedo.

O método UPGMA possibilitou a formação de três grupos de genótipos, com base nas diferenças entre grupos de 30% da distância (Figura 1). Na adubação 1, o grupo I foi formado por cinco progênies (1, 2, 3, 4 e 5); o grupo II, por duas (8 e 9); e o grupo III, por três (6, 7 e 10). Na adubação 2, também se formaram três grupos: I, formado por duas progênies (2 e 10); II, por três (3, 4 e 6); e III, por cinco (1, 5, 7, 8 e 9).

Os caracteres que mais contribuíram para a divergência na adubação 1 foram (Tabela 3): massa de polpa, 37,30%; tamanho de plântula, 17,46%; e massa dos frutos, 12,71%, o que totalizou 67,47%. Na adubação 2, os caracteres foram: massa de fruto, 31,34%; massa de polpa, 13,48%; envelhecimento acelerado, 12,58%; produtividade, 10,50%; e tamanho de radícula, 10,13%, o que totalizou 78,03%.

Das variáveis do conjunto 1 com contribuições relativas para a divergência genética das progênies de maracujazeiro-azedo, as mais expressivas foram massa de polpa e massa de fruto na adubação 1; e massa de fruto, massa de polpa e produção, na adubação 2. Para as variáveis do conjunto 3, observou-se menor contribuição e, para as do conjunto 2, a contribuição foi inexpressiva (Tabela 3).

Viana et al. (2006) conseguiram identificar e separar os genótipos superiores dos inferiores, ao estudar a diversidade genética em populações de maracujazeiro-azedo em dois ambientes. Os autores observaram maior agrupamento dos genótipos de comportamento inferior tanto no ambiente de Campos dos Goytacazes quanto no de Macaé.

Com o aumento de disponibilidade de nutrientes (adubação 2), as progênies responderam com acréscimo

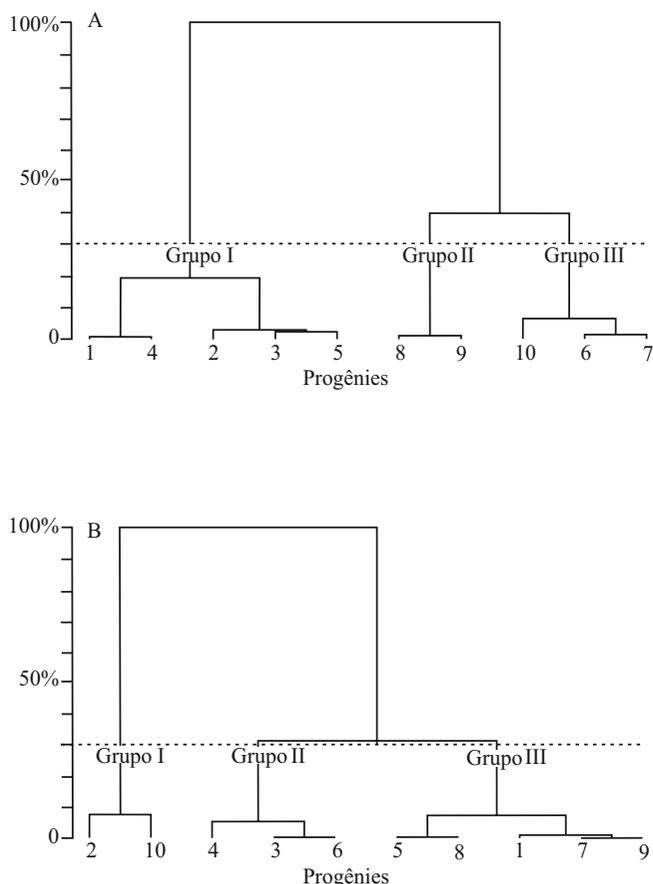


Figura 1. Dendrograma de dissimilaridades genéticas entre dez progênies de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis*), de acordo com 12 variáveis avaliadas nos níveis de adubação 1 (A, 50% da dose média recomendada para cultura) e 2 (B, dose 50% superior à média recomendada para cultura).

em algumas variáveis. Assim, a identificação das progênies superiores para os conjuntos 1, 2 e 3 foi possível.

A maioria das progênies alocadas no grupo II, na adubação 2, apresentou incremento em todas as variáveis de produção (conjunto 1). No caso da variável número de frutos, houve incremento em todas as progênies do grupo, com aumento de produção de frutos de 31, 25 e 67%, nas progênies 3, 4 e 6, respectivamente. O grupo de progênies III apresentou incrementos apenas nas variáveis produção e número de frutos, com destaque para a progênie 7, com incrementos de 216 e 186%, respectivamente. Dessa forma, as progênies desse grupo não responderam ao incremento da adubação, no que se refere às variáveis massa de frutos e massa de polpa.

As variáveis do conjunto 2 apresentaram incrementos muito baixos para algumas progênies, de 7 e 3%, em média, para a relação comprimento/largura da semente e a massa de mil sementes, respectivamente. Esse resultado evidencia, portanto, que os genótipos não foram responsivos à maior disponibilidade de nutrientes, quanto a essas variáveis.

Para as variáveis do conjunto 3, a responsividade ao aumento de disponibilidade de nutrientes também foi baixa, principalmente para a variável primeira contagem de germinação, que apresentou média de 26% de incremento nas progênies responsivas. No entanto, embora não tenha sido tão influente para a formação de grupos (Tabela 3), essa variável possibilitou a identificação de progênies – alocadas no grupo III da adubação 2 – que responderam ao

Tabela 3. Estimativas da contribuição de cada variável (S.j) para a divergência genética em progênies de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis*), bem como seus valores de contribuição relativa, em tratamentos com dois níveis de adubação⁽¹⁾.

| Variável | Adubação 1 | | Adubação 2 | |
|--------------------------------------|--------------|---------------------------|---------------|---------------------------|
| | S.j | Contribuição relativa (%) | S.j | Contribuição relativa (%) |
| Produtividade (Mg ha ⁻¹) | 941.241,2 | 1,68 | 55.031.864,0 | 10,50 |
| Massa do fruto (g) | 7.100.997,9 | 12,71 | 164.312.411,7 | 31,34 |
| Massa de polpa (g) | 20.848.750,3 | 37,30 | 70.651.220,1 | 13,48 |
| Número de frutos | 3.053.676,3 | 5,46 | 43.567.026,0 | 8,31 |
| Comprimento/largura da semente | 786.984,0 | 1,41 | 40.393,9 | 0,01 |
| Massa de mil sementes (g) | 1.682.845,9 | 3,01 | 1.749,7 | 0,00 |
| 1ª contagem de germinação (%) | 5.790,1 | 0,01 | 11.972.802,8 | 2,28 |
| Germinação (%) | 4.405.938,8 | 7,88 | 26.590.878,8 | 5,07 |
| Envelhecimento acelerado (%) | 3.145.093,8 | 5,63 | 6.593.9140,9 | 12,58 |
| Tamanho de plântula (cm) | 9.758.668,4 | 17,46 | 32.472.009,9 | 6,19 |
| Tamanho de radícula (cm) | 2.083.041,4 | 3,73 | 53.081.644,1 | 10,13 |
| Índice de velocidade de germinação | 2.078.905,7 | 3,72 | 619.161,8 | 0,12 |

⁽¹⁾Adubação 1, 50% da dose média recomendada para a cultura; e adubação 2, dose 50% superior à média recomendada para cultura.

aumento de disponibilidade de nutrientes, nesse conjunto de variáveis.

Conclusões

1. A contribuição das variáveis para a seleção de progênies de maracujazeiro-azedo (*Passiflora edulis*) depende da disponibilidade de nutrientes nos ambientes.

2. A variável envelhecimento acelerado não é adequada para a seleção de genótipos de maracujazeiro-azedo responsivos ao aumento da disponibilidade de nutrientes.

3. As progênies mais responsivas ao aumento da disponibilidade de nutrientes foram agrupadas de acordo com as variáveis de produção, avaliadas em condições de alta fertilidade de solo.

4. As variáveis do conjunto produção contribuem mais expressivamente para a divergência genética em progênies de maracujazeiro-azedo, independentemente da disponibilidade de nutrientes.

5. A disponibilidade de nutrientes interfere na contribuição relativa das variáveis para a avaliação da divergência genética das progênies de maracujazeiro-azedo.

Referências

- ARAÚJO, F.P. de; SILVA, N. da; QUEIROZ, M.A. de. Divergência genética entre acessos de *Passiflora cincinnata* Mast. com base em descritores morfoagronômicos. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.723-730, 2008. DOI: 10.1590/S0100-29452008000300027.
- BALKAYA, A.; CANKAYA, S.; OZBAKIR, M. Use of canonical correlation analysis for determination of relationships between plant characters and yield components in winter squash (*Cucurbita maxima* Duch.) populations. **Bulgarian Journal of Agricultural Science**, v.17, p.606-614, 2011.
- BORGES, A.L.; CALDAS, R.C.; LIMA, A. de A. Doses e fontes de nitrogênio em fertirrigação no cultivo do maracujá-amarelo. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, p.301-304, 2006. DOI: 10.1590/S0100-29452006000200033.
- BRASIL. Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Regras para análise de sementes**. Brasília, 2009. 395p.
- BRUCKNER, C.H.; CASALI, V.W.D.; MORAES, C.F. de; REGAZZI, A.J.; SILVA, E.A.M. da. Self-incompatibility in passion fruit (*Passiflora edulis* Sims). **Acta Horticulturae**, v.370, p.45-57, 1995. DOI: 10.17660/ActaHortic.1995.370.7.
- BRUM, B.; LOPES, S.J.; STORCK, L.; LÚCIO, A.D.C.; OLIVEIRA, P.H. de; MILANI, M. Correlações canônicas entre variáveis de semente, plântula, planta e produção de grãos em mamoneira. **Ciência Rural**, v.41, p.404-411, 2011. DOI: 10.1590/S0103-84782011000300007.
- CARVALHO, A.J.C. de; MARTINS, D.P.; MONNERAT, P.H.; BERNARDO, S. Adubação nitrogenada e irrigação no maracujazeiro-amarelo. I. Produtividade e qualidade dos frutos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.1101-1108, 2000. DOI: 10.1590/S0100-204X2000000600005.
- CARVALHO, N.M. de; NAKAGAWA, J. (Ed.). **Sementes: ciência, tecnologia e produção**. 5.ed. Jaboticabal: Funep, 2012. 590p.
- CROSSA, J.; FRANCO, J. Statistical methods for classifying genotypes. **Euphytica**, v.137, p.19-37, 2004. DOI: 10.1023/B:EUPH.0000040500.86428.e8.
- CRUZ, C.D. GENES: a software package for analysis in experimental statistics and quantitative genetics. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v.35, p.271-276, 2013. DOI: 10.4025/actasciagron.v35i3.21251.
- CRUZ, C.D.; REGAZZI, A.J.; CARNEIRO, P.C.S. 4.ed. **Modelos biométricos aplicados ao melhoramento genético**. Viçosa: Ed. da UFV, 2012. v.1, 514p.
- ESPITIA-CAMACHO, M.; ARAMÉNDIZ-TATIS, H.; CARDONA-AYALA, C. Correlaciones para algunas propiedades físicas y químicas del fruto y jugo de maracujá (*Passiflora edulis* var. *flavicarpa* Degener). **Agronomía Colombiana**, v.26, p.292-299, 2008.
- GONÇALVES, G.M.; VIANA, A.P.; BEZERRA NETO, F.V.; PEREIRA, M.G.; PEREIRA, T.N.S. Seleção e herdabilidade na predição de ganhos genéticos em maracujá-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.42, p.193-198, 2007. DOI: 10.1590/S0100-204X2007000200007.
- IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Banco de Dados Agregados. **Sistema IBGE de Recuperação Automática – SIDRA**. 2014. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/protabl.asp?c=1613&z=p&o=28&i=P>>. Acesso em: 31 mar 2016.
- KRAUSE, W.; SOUZA, R.S. de; NEVES, L.G.; CARVALHO, M.L. da S.; VIANA, A.P.; FALEIRO, F.G. Ganho de seleção no melhoramento genético intrapopulacional do maracujazeiro-amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.47, p.51-57, 2012. DOI: 10.1590/S0100-204X2012000100008.
- LARRÉ, C.F.; ZEPKA, A.P. dos S.; MORAES, D.M. de. Testes de germinação e emergência em sementes de maracujá submetidas a envelhecimento acelerado. **Revista Brasileira de Biociências**, v.5, p.708-710, 2007. Suplemento 2.
- MAGUIRE, J.D. Speed of germination-aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. **Crop Science**, v.2, p.176-177, 1962. DOI: 10.2135/cropsci1962.0011183X000200020033x.
- MALUCHE-BARETTA, C.R.D.; AMARANTE, C.V.T. do; KLAUBERG FILHO, O. Análise multivariada de atributos do solo em sistemas convencional e orgânico de produção de maçãs. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.41, p.1531-1539, 2006. DOI: 10.1590/S0100-204X2006001000011.
- NAKAGAWA, J. Testes de vigor baseados no desempenho das plântulas. In: KRZYŻANOWSKI, F.C.; VIEIRA, R.D.;

- FRANÇA NETO, J.B. (Ed.). **Vigor de sementes: conceitos e testes**. Londrina: ABRATES, 1999. cap.2, p.1-24.
- NASCIMENTO, J.A.M. do; CAVALCANTE, L.F.; DANTAS, S.A.G.; SILVA, S.A. da. Estado nutricional de maracujazeiro-amarelo irrigado com água salina e adubação organomineral. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, p.729-735, 2011. Número especial. DOI: 10.1590/S0100-29452011000500102.
- NEGREIROS, J.R. da S.; ALEXANDRE, R.S.; ÁLVARES, V. de S.; BRUCKNER, C.H.; CRUZ, C.D. Divergência genética entre progênies de maracujazeiro-amarelo com base em características das plântulas. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.30, p.197-201, 2008. DOI: 10.1590/S0100-29452008000100036.
- NEVES, L.G.; BRUCKNER, C.H.; PICANÇO, M.C.; PAIVA SOBRINHO, S.; ARAÚJO, K.L.; LUZ, P.B. da; BARELLI, M.A.A.; KRAUSE, W. Genetic correlation between agronomically important traits in yellow passion fruit. **American Journal of Plant Sciences**, v.4, p.2112-2117, 2013. DOI: 10.4236/ajps.2013.411262.
- PAIVA, C.L.; VIANA, A.P.; SANTOS, E.A.; SILVA, R.N.O.; OLIVEIRA, E.J. de. Diversidade genética de espécies do gênero *Passiflora* com o uso da estratégia Ward-MLM. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.36, p.381-390, 2014. DOI: 10.1590/0100-2945-156/13.
- SILVA, M.G. de M.; VIANA, A.P.; GONÇALVES, G.M.; AMARAL JÚNIOR, A.T. do; PEREIRA, M.G. Seleção recorrente intrapopulacional no maracujazeiro amarelo: alternativa de capitalização de ganhos genéticos. **Ciência Agrotécnica**, v.33, p.170-176, 2009. DOI: 10.1590/S1413-70542009000100024.
- TERRA, V.S.S.; VALGAS, R.A.; REISSER JÚNIOR, C.; TIMM, L.C.; PEREIRA, J.F.M.; CARVALHO, F.L.C.; OLDONI, H. Multivariate analysis applied to the study of the relationship between soil and plant properties in a peach orchard. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.38, p.755-764, 2014. DOI: 10.1590/S0100-06832014000300007.
- TOZZI, H.H.; TAKAKI, M. Histochemical analysis of seed reserve mobilization in *Passiflora edulis* Sims fo. *flavicarpa* O. Deg. (yellow passion fruit) during germination. **Brazilian Journal of Biology**, v.71, p.701-708, 2011. DOI: 10.1590/s1519-69842011000400015.
- VIANA, A.P.; DETMANN, E.; PEREIRA, M.G.; SOUZA, M.M. de; PEREIRA, T.N.S.; AMARAL JÚNIOR, A.T. do; GONÇALVES, G.M. Polinização seletiva em maracujazeiro amarelo (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) monitorada por vetores canônicos. **Ciência Rural**, v.37, p.1627-1633, 2007. DOI: 10.1590/S0103-84782007000600019.
- VIANA, A.P.; PEREIRA, T.N.S.; PEREIRA, M.G.; SOUZA, M.M. de; MALDONADO, J.F.M.; AMARAL JÚNIOR, A.T. do. Genetic diversity in yellow passion fruit populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.6, p.87-94, 2006. DOI: 10.12702/1984-7033.v06n01a12.
- VIANA, A.P.; PEREIRA, T.N.S.; PEREIRA, M.G.; SOUZA, M.M. de; MALDONADO, J.F.M.; AMARAL JÚNIOR, A.T. do. Simple and canonic correlation between agronomical and fruit quality traits in yellow passion fruit (*Passiflora edulis* f. *flavicarpa*) populations. **Crop Breeding and Applied Biotechnology**, v.3, p.133-140, 2003.

Recebido em 13 de agosto de 2015 e aprovado em 24 de agosto de 2016