

ADAPTAÇÃO DO FEIJOEIRO (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) À SECA

II. PRODUTIVIDADE E COMPONENTES AGRONÔMICOS¹

CLEBER MORAIS GUIMARÃES, LUIS FERNANDO STONE² e ORIVALDO BRUNINI³

RESUMO - O estudo foi realizado em área experimental do CNPAF-EMBRAPA, em Santo Antônio de Goiás, GO. Nele enfocou-se o ajuste morfológico do feijoeiro à deficiência hídrica e o efeito dessa deficiência sobre a translocação e o acúmulo de carboidratos, a produtividade e seus componentes. Objetivou-se fornecer subsídio aos programas de melhoramento genético dessa cultura, para a obtenção de variedades tolerantes à seca. Neste trabalho, estudaram-se a variedade Carioca e as linhagens 'BAT 477' e 'RAB 96', em três níveis hídricos: irrigado, com estresse moderado e com estresse severo. A 'BAT 477' e a 'Carioca' apresentaram menor redução da área foliar e menor aumento do peso específico. Isto significa manutenção da área de síntese de carboidratos e melhor fluxo deles aos sítios de armazenamento. Os genótipos não apresentaram tendência de variação do número de nós na haste principal e nos ramos secundários que pudesse discriminá-los. Finalmente, foi verificado que a 'BAT 477' e a 'Carioca' apresentaram produtividade, número de vagens por planta e peso de 100 sementes superiores, quando submetidas à deficiência hídrica, comparativamente à 'RAB 96'.

Termos para indexação: área foliar, peso específico foliar, matéria seca, ajustamento foliar, mecanismos de resistência à seca, genótipos.

ADAPTATION OF COMMON BEAN (*PHASEOLUS VULGARIS* L.) TO DROUGHT

II. PRODUCTIVITY AND AGRONOMIC COMPONENTS

ABSTRACT - The study was conducted at the experimental station of CNPAF/EMBRAPA, Santo Antônio de Goiás, GO, Brazil. The objective was to study the morphological adjustment of common bean to water deficit and its effect on translocation, accumulation of carbohydrates, productivity and its components to support the breeding program directed for regions with water deficiency. In this study three genotypes 'BAT 477', 'Carioca' and 'RAB 96' were used. These genotypes were subjected to three moisture treatments: irrigated, moderated stress and severe stress. The genotypes 'BAT 477' and 'Carioca' presented lower reduction in leaf area index and lower increase of specific leaf weight. This implies maintenance of carbohydrate synthesis area and less resistance of flux at storage sites. Genotypes presented the same morphological plasticity. Finally, it was verified that genotypes 'BAT 477' and 'Carioca' presented productivity, number of pods per plant and 100 grains weight higher than 'RAB 96' when subjected to water stress.

Index terms: leaf area index, specific leaf weight, dry matter, mechanisms of drought resistance, genotypes.

INTRODUÇÃO

A alta sensibilidade do feijoeiro à deficiência hídrica, aliada à instabilidade climática, principalmente à distribuição pluvial, nas regiões produtoras de feijão, determinam a oscilação da produção nacional dessa cultura.

A deficiência hídrica atua na maioria dos processos fisiológicos e morfológicos das plantas. Os da-

¹ Aceito para publicação em 16 de fevereiro de 1996.

Extraído da Tese de Doutorado do primeiro autor, UNICAMP, Campinas, SP.

² Eng. Agr., Dr., EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, CEP 74001-970 Goiânia, GO.

³ Eng. Agr., Ph.D., Instituto Agronômico de Campinas (IAC), Seção de Climatologia, Caixa Postal 28, CEP 13001-970 Campinas, SP.

nos econômicos resultantes da deficiência hídrica dependem da sua duração, da intensidade, da frequência e das épocas em que ocorrem. A deficiência hídrica na fase vegetativa do feijoeiro tem efeito indireto na produtividade, pela redução da área assimilatória durante a fase de enchimento dos grãos.

Observaram-se 20% de redução da produtividade de quando ocorreram 15 dias de deficiência hídrica na pré-floração do feijoeiro, ou quando ocorreram 18-22 dias de deficiência durante a floração, pelo abortamento e pela abscisão das flores (Robins & Domingo, 1956). Resultados semelhantes foram obtidos por Magalhães & Millar (1978). A deficiência hídrica no enchimento dos grãos reduz o peso das sementes ou impede a sua formação. Quinze dias de deficiência durante essa fase foram suficientes para reduzir 20% da safra (Robins & Domingo, 1956).

A deficiência hídrica no solo ocasiona decréscimo no índice de área foliar e no rendimento de matéria seca (Stone et al., 1988). Bascur et al. (1985) verificaram que a variedade de feijoeiro mais resistente à seca apresentou maior manutenção foliar sob deficiência hídrica, que resultou em maior peso de matéria seca e produtividade.

A intensidade e a direção da translocação de carboidratos na planta, sob estresse hídrico, constituem outros fatores de resistência à seca. Todd (1969), citado por Halterlein (1982), verificou que espécies resistentes à translocação são menos afetadas pela seca. O autor verificou também que a translocação de carboidratos em direção aos ramos e regiões meristemáticas é mais lenta em plantas de feijoeiro afetadas pela seca. Esta menor translocação, em condições de deficiência hídrica, resultou no aumento do peso específico foliar.

O presente trabalho enfoca o ajuste morfológico do feijoeiro à deficiência hídrica e o efeito desta sobre a translocação e o acúmulo de carboidrato, a produtividade e seus componentes. Tem por objetivo fornecer subsídio aos programas de melhoramento genético dessa cultura, para a obtenção de variedades tolerantes à seca.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP/

EMBRAPA), em Santo Antônio de Goiás, GO, de coordenadas geográficas 16°28' de latitude sul, 49°17' de longitude oeste e altitude de 840 m, em Latossolo Vermelho-Escuro, distrófico, de textura argilosa.

Foram usados, nestes experimentos, a variedade 'Carioca' e as linhagens 'BAT 477' e 'RAB 96'. A 'Carioca' e a 'BAT 477' são classificadas como promissoras para as condições de deficiência hídrica (Guimarães & Zimmermann, 1985; Ibarra, 1987; White & Castillo, 1987). A 'RAB 96' tem apresentado boa produtividade média em experimentos conduzidos na época da seca (Araújo, 1991). Os três genótipos foram submetidos a três níveis hídricos: irrigado, com estresse moderado e com estresse severo, distribuídos em quatro repetições, em uma linha central de aspersores (Hanks et al., 1976). Detalhes são apresentados em Guimarães et al. (1996).

Determinou-se, pelos métodos convencionais, numa área de 1 m², o índice de área foliar (IAF), o peso específico foliar e a matéria seca da parte aérea e, em quatro plantas casualizadas por subparcela, o número de nós na haste principal e nos ramos. A área foliar foi determinada em um medidor de área foliar marca LI-COR, modelo LI 3000. As folhas foram secas em estufa Fanem, modelo 320-SE, com circulação interna forçada de ar a 80°C, durante 48 horas; logo após, foram pesadas em balança de precisão. De posse da área foliar e do respectivo peso da matéria seca, determinou-se o peso específico das folhas dos três genótipos submetidos aos três níveis hídricos. O peso específico foliar foi expresso em mg da matéria seca foliar pela sua área em cm². O peso da matéria seca da parte aérea foi baseado no peso da matéria das folhas, das hastes e dos ramos secundários.

A produtividade, o número de vagens por planta e o peso de 100 sementes foram determinados na área útil de 5 m² das subparcelas, constituídas de cinco fileiras centrais de 2 m de comprimento e espaçadas de 0,50 m.

Com o objetivo de separar a variabilidade intra-específica resultante do estresse hídrico da variabilidade total resultante do estresse hídrico e de todos os outros fatores, das variáveis abaixo relacionadas, trabalhou-se com dados relativos, tendo-se, como referência, o tratamento irrigado. Usaram-se, nessa avaliação, o número de vagens/planta, o peso de 100 sementes, o índice de área foliar, o peso específico foliar, a matéria seca da parte aérea na floração, o número de nós na haste principal e o número de nós nos ramos secundários.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Área foliar

Os genótipos estudados apresentaram índice de área foliar (IAF) na floração afetado significativamente pelos níveis de estresse hídrico (Fig. 1). Resultados semelhantes foram obtidos por Resende et al. (1981) e Stone et al. (1988), com esta mesma cultura.

Verificaram-se, também, que os genótipos diferiram significativamente entre si, quanto a esse parâmetro, quando submetidos aos diversos tratamentos hídricos. A linhagem RAB 96 foi a mais afetada com a redução do IAF, de 42,5 e 58,0%, pelo estresse hídrico moderado e estresse hídrico severo, respectivamente. A linhagem BAT 477 apresentou reduções de 21,4 e 46,8%, e a variedade Carioca, 11,6, e 41,5%, pelo estresse hídrico moderado e pelo estresse hídrico severo, respectivamente (Fig. 1).

Resultados semelhantes foram obtidos por Bascur et al. (1985). Verificaram que a variedade de feijoeiro mais resistente à seca, Negro Argel, apresentou maior manutenção da área foliar sob deficiência hídrica, que resultou em maior peso da matéria seca e produtividade. Boyer (1983) sugere que o melhoramento do desempenho de variedades em condições de seca seja, pelo menos em parte, baseado na manutenção do IAF.

Os dados indicam que o estresse hídrico imposto permitiu que a redução da perda de água, pelo ajuste morfológico das folhas, ocorresse em todos os genótipos, sendo mais evidente na linhagem RAB 96 (Fig. 1). Isto resultou, naturalmente, em redução da área fotossintética ativa e, por conseguinte, em redução da produtividade de grãos e da matéria seca da parte aérea, como será discutido posteriormente.

Peso específico foliar

Os genótipos estudados apresentaram peso específico foliar na floração afetado significativamente pelos níveis de estresse hídrico (Fig. 2). Observou-se, também, que diferiram significativamente entre si, quanto a esse parâmetro, quando submetidos aos diversos tratamentos hídricos.

O estresse moderado ocasionou 32,1; 12,8 e 1,0% de aumento no peso específico foliar dos genótipos

RAB 96, BAT 477 e Carioca, respectivamente. O estresse severo, 38,6; 22,7 e 16,2% de aumento no peso específico foliar dos genótipos RAB 96, BAT 477 e Carioca, respectivamente.

Os dados apresentados parecem indicar que o estresse hídrico ocasionou a redução da translocação de carboidratos, com seu conseqüente acúmulo nos sítios de síntese. Isto é confirmado pelos resultados alcançados por Hofstra & Hesketh (1975), que relatam a existência de correlação entre o peso específico foliar e a concentração de amido na folha, e por Todd (1969), citado por Halterlein (1982), ao sugerir que o aumento do peso específico foliar resultaria da redução da translocação de carboidrato para os ramos e regiões meristemáticas, em plantas submetidas à deficiência hídrica.

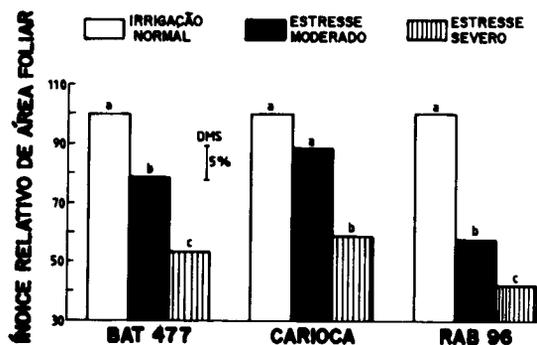


FIG. 1. Índice relativo de área foliar dos genótipos BAT 477, Carioca e RAB 96 submetidos a três tratamentos hídricos: irrigação normal, com estresse moderado e com estresse severo.

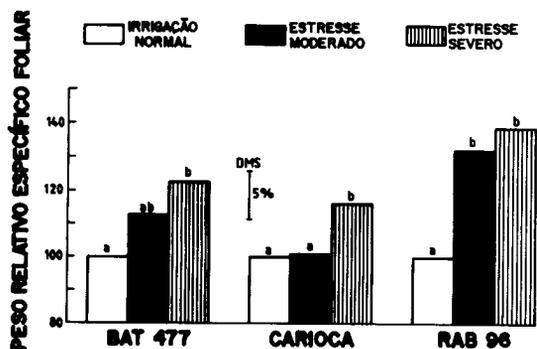


FIG. 2. Peso relativo específico foliar dos genótipos BAT 477, Carioca e RAB 96 submetidos a três tratamentos hídricos: irrigação normal, com estresse moderado e com estresse severo.

A variedade Carioca, que exibiu os menores aumentos do peso específico foliar relativo quando submetida ao estresse hídrico, deve apresentar melhor translocação de carboidratos, mesmo quando comparada com a linhagem BAT 477.

Matéria seca da parte aérea na floração

Da mesma forma como foi verificado com outros parâmetros, houve variação significativa intra-específica na sensibilidade da matéria seca acumulada aos níveis hídricos (Fig. 3).

Observou-se, também, a existência de interação significativa entre os dois anos de condução dos experimentos sobre esta variável, o que explica a apresentação dos dados de cada ano.

A linhagem RAB 96 apresentou índices elevados de redução da matéria seca. O estresse moderado ocasionou 32,3 e 18,9% de reduções da sua matéria seca, respectivamente em 1987 e 1988; 19,2 e 0,5%, na linhagem BAT 477; e 0,8 e 3,8%, na variedade Carioca. O estresse severo causou 47,3 e 20,2% de reduções da matéria seca da 'RAB 96', respectivamente em 1987 e 1988, enquanto a 'Carioca' e a 'BAT 477' não foram tão intensamente afetadas (Fig. 3).

A 'Carioca' teve sua matéria seca reduzida, em média, apenas 2,3% sob estresse moderado. Este tratamento recebeu apenas 198 mm, ou seja, 54% de água aplicada no tratamento com irrigação adequada.

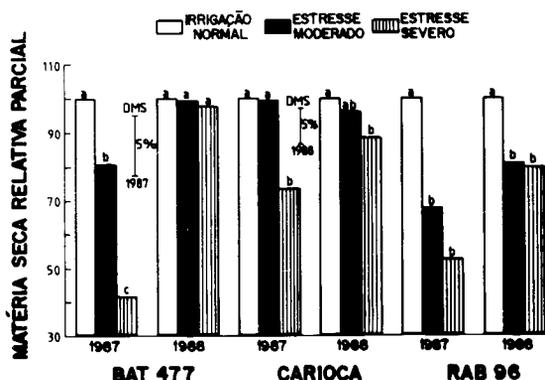


FIG. 3. Matéria seca relativa parcial na floração dos genótipos BAT 477, Carioca e RAB 96 submetidos a três tratamentos hídricos: irrigação normal, com estresse moderado e com estresse severo.

da. A superioridade da 'Carioca' manteve-se sob estresse severo, quando se registrou a menor redução em comparação com os demais genótipos.

A maior redução da matéria seca, na 'RAB 96', implica, também, menor armazenamento de carboidrato no caule e nas folhas, o qual pode ser remobilizado durante a fase de enchimento de grãos. Estas colocações são confirmadas pelos resultados experimentais de Fischer (1979) e Doyle & Fischer (1979), que encontraram correlação positiva, no trigo submetido à deficiência hídrica, entre a matéria seca na floração e a produtividade. O enchimento de grãos depende do carboidrato fotossintetizado durante a fase vegetativa e da sua remobilização. Quando a fotossíntese é limitada pelo estresse, torna-se maior a quantidade absoluta e a relativa translocada a partir da haste e dos ramos para o enchimento de grãos. Tal característica apresenta considerável variabilidade genética (Austin et al., 1980; Turner & Begg, 1981).

Conclui-se que a 'BAT 477' e a 'Carioca' adaptam-se melhor às condições de deficiência hídrica do que a 'RAB 96', pois apresentaram menor redução da matéria seca durante a floração, sob estresse moderado e estresse severo, do que a 'RAB 96'.

Porte da planta

O número de nós na haste principal e nos ramos secundários, assim como os demais parâmetros estudados, foram afetados significativamente pela deficiência hídrica (Figs. 4 e 5), porém não se verificou diferença significativa entre os genótipos. Os dados sobre o número de nós na haste principal são apresentados por ano, pois constatou-se, em relação a essa variável, que a interação anos x genótipos foi significativa.

O estresse moderado determinou 14,8 e 6,5% de redução do número de nós na haste principal da linhagem BAT 477, respectivamente em 1987 e 1988; 48,8 e 4,5%, da variedade Carioca; e 15,2 e 15,8%, da linhagem RAB 96. Sob estresse severo, verificaram-se reduções do número de nós na haste principal da BAT 477, de 50,0 e 8,7%, respectivamente em 1987 e 1988, enquanto a 'Carioca' apresentou reduções de 64,0 e 7,9% e a 'RAB 96', de 35,6 e 13,3% (Fig. 4).

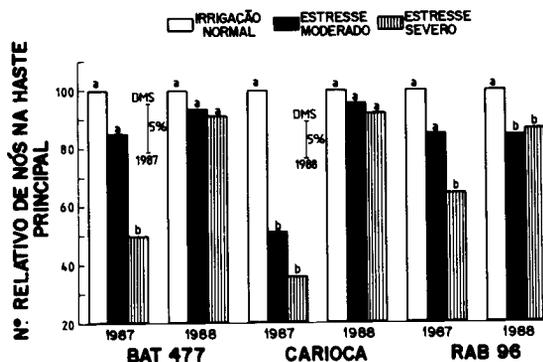


FIG. 4. Número relativo de nós na haste principal dos genótipos BAT 477, Carioca e RAB 96 submetidos a três tratamentos hídricos: irrigação normal, com estresse moderado e com estresse severo.

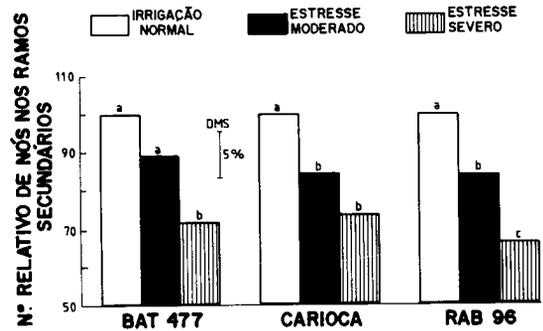


FIG. 5. Número relativo de nós nos ramos secundários dos genótipos BAT 477, Carioca e RAB 96 submetidos a três tratamentos hídricos: irrigação normal, com estresse moderado e com estresse severo.

Relativamente ao número de nós nos ramos secundários (Fig. 5), verificou-se que o estresse moderado ocasionou 10,8, 15,6 e 15,7% de reduções, nos genótipos BAT 477, Carioca e RAB 96, respectivamente. Sob estresse severo, as reduções foram de 28,8, 26,2 e 33,1%, nos genótipos BAT 477, Carioca e RAB 96, respectivamente.

Os genótipos não apresentaram tendência de variação do número de nós na haste principal e nos ramos secundários que pudesse discriminá-los.

Produtividade, número de vagens por planta e peso de 100 sementes

Os genótipos estudados apresentaram comportamento produtivo semelhante, nos dois anos de con-

dução dos experimentos, conforme demonstrou a análise estatística conjunta. Nessa análise, a interação anos x genótipos não foi significativa. Isto prova que as variações climáticas, ocorridas durante os dois períodos de condução dos experimentos, não exerceram quaisquer efeitos interativos com os genótipos, em relação à produtividade.

O estresse moderado, com redução da lâmina de água para 198 mm, ou seja, com 46% de redução em relação à aplicada no tratamento irrigado, resultou em 45,1; 34,9 e 48,1% de redução da produtividade dos genótipos BAT 477, Carioca e RAB 96, respectivamente (Fig. 6).

A mesma tendência foi mantida quando a deficiência hídrica imposta foi mais severa, com redução de 76% da lâmina de irrigação em relação à do tratamento irrigado adequadamente. Nestas condições, os genótipos BAT 477, Carioca e RAB 96 apresentaram reduções da produtividade de 80,6; 75,4 e 86,3%, respectivamente.

Os dados apresentados neste trabalho concordam com os resultados experimentais de outros autores, que comprovam o melhor comportamento da linhagem BAT 477 e da variedade Carioca em condições de deficiência hídrica (Guimarães & Zimmermann, 1985; Ibarra, 1987; White & Castillo, 1987). Quanto à linhagem RAB 96, apesar de apresentar boa produtividade média em experimentos conduzidos na época da seca (Araújo, 1991), não tem o nível de resistência à seca da BAT 477 e da Carioca.

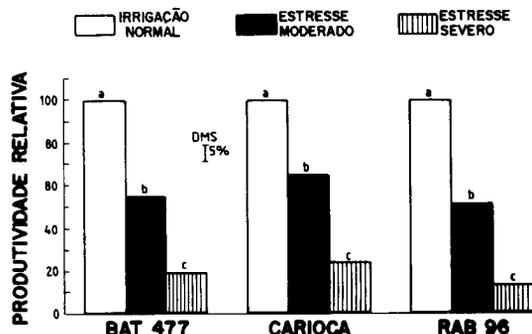


FIG. 6. Produtividade relativa dos genótipos BAT 477, Carioca e RAB 96 submetidos a três tratamentos hídricos: irrigação normal, com estresse moderado e com estresse severo.

A 'BAT 477' e a 'Carioca', como ocorre normalmente entre genótipos mais resistentes aos estresses ambientais, foram menos produtivas em relação à 'RAB 96', nas condições ideais de umidade do solo. Ibarra (1987) também verificou que a 'BAT 477' apresentou resistência relativa alta à seca e potencial de produção baixo, quando cultivada em boas condições hídricas.

Os componentes de produtividade, número de vagens por planta e peso de 100 sementes, como era de se esperar, também foram influenciados significativamente pela deficiência hídrica. Registraram-se decréscimos médios de 16,3 e 44,1% no número relativo de vagens por planta, com a aplicação de estresse moderado e estresse severo, respectivamente (Fig. 7), e de 9,7 e 22,3% no peso relativo de 100 sementes, com os mesmos tratamentos (Fig. 8).

Estes resultados concordam com os de Vittum et al. (1963), citado por Halterlein (1982), que verificaram que boas condições hídricas na floração resultam em aumento substancial da produtividade, em decorrência, principalmente, do aumento do número de vagens por planta e do peso de 100 sementes.

A linhagem BAT 477, sob estresse hídrico severo, apresentou índice de redução do número relativo de vagens por planta de 44,8%, e, sob estresse moderado, de 14,6% (Fig. 7). Sob este último nível hídrico, observaram-se reduções de 13,8 e 20,5%, na variedade Carioca e na linhagem RAB, respectivamente. A 'Carioca' apresentou o menor índice de redução do número relativo de vagens por planta, 38,9%, sob estresse severo, e também a menor redução quando submetida ao estresse moderado (Fig. 7).

Resultados semelhantes ocorreram com o peso de 100 sementes. A 'RAB 96' apresentou o maior índice de redução, 27,5%, quando submetida ao estresse hídrico severo, mantendo a mesma tendência sob estresse moderado (Fig. 8).

As reduções menos acentuadas de ambos os componentes de produtividade, da linhagem BAT 477 e da variedade Carioca, são os responsáveis por suas produtividades ligeiramente superiores sob estresse hídrico, ou seja, sua maior capacidade de dreno dos grãos nessas condições. Segundo Nicolas et al. (1985a), a capacidade de dreno dos grãos, em con-

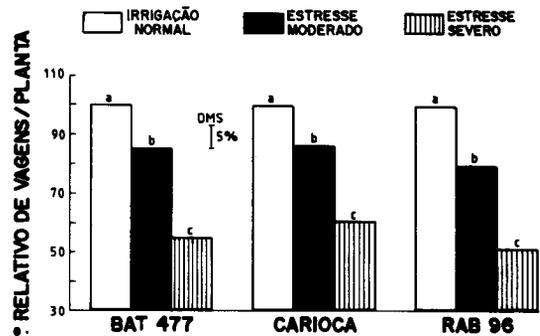


FIG. 7. Número relativo de vagens por planta dos genótipos BAT 477, Carioca e RAB 96 submetidos a três tratamentos hídricos: irrigação normal, com estresse moderado e com estresse severo.

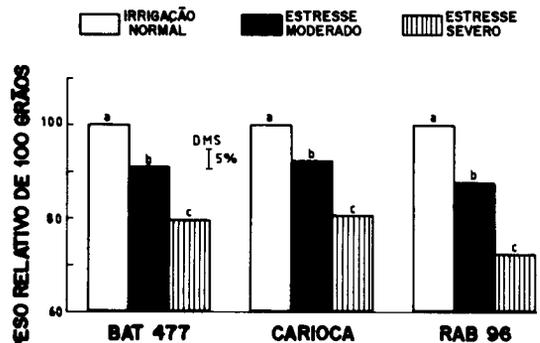


FIG. 8. Peso relativo de 100 grãos dos genótipos BAT 477, Carioca e RAB 96 submetidos a três tratamentos hídricos: irrigação normal, com estresse moderado e com estresse severo.

dições de deficiência hídrica, é reduzida por causa do menor número de células endospermicas e grânulos de amido por célula, ocasionando acúmulo de reserva em outras partes da planta. Esta capacidade de acúmulo dos grãos é variável com a resistência à seca das variedades (Nicolas et al., 1985b), o que confirma os dados aqui encontrados relativos à menor redução do peso de 100 sementes da 'BAT 477' e da 'Carioca'.

O melhor comportamento hídrico da 'BAT 477' e da 'Carioca' (dados não-apresentados) provavelmente induziu translocação mais ativa do carboidrato dos sítios de síntese aos drenos, ocasionando menores reduções da matéria seca na floração e na produtividade de grãos, em condições de estresse hídrico.

É provável que a menor redução da área fotossinteticamente ativa dos genótipos estudados, assim como a menor redução volumétrica do dreno, aqui compreendido como número de vagens por planta, tiveram participação importante na discriminação desses genótipos, em condições de deficiência hídrica.

O mecanismo de manutenção da absorção de água, da 'BAT 477' e da 'Carioca', foi acionado mais eficientemente que o da 'RAB 96', pois aqueles genótipos apresentaram maior densidade radicular linear relativa, nas camadas mais profundas. A 'Carioca' apresentou a mais alta densidade radicular relativa, em comparação com as demais, nas camadas do solo abaixo de 80 cm, quando submetida ao estresse moderado, e a 'BAT 477' destacou-se da 'Carioca' por apresentar maiores densidades radiculares relativas em todas as camadas, quando submetida ao estresse severo (Guimarães et al., 1996). Além das características citadas, a maior eficiência radicular na absorção de água, nos genótipos BAT 477 e Carioca, em comparação com a linhagem RAB 96, colaborou para a manutenção das condições hídricas da planta e, por último, para o aumento relativo de suas produtividades (Guimarães et al., 1996).

Finalmente, os resultados descritos anteriormente e em Guimarães et al. (1996) permitem concluir que a 'BAT 477' e a 'Carioca' podem ser recomendadas aos programas de melhoramento genético do feijoeiro, com vistas à obtenção de variedades para regiões sujeitas a períodos de deficiência hídrica durante a época normal de cultivo. Elas exploram eficientemente a reserva hídrica no solo, como inferido por seu sistema radicular eficiente na absorção de água.

A 'RAB 96', apesar de apresentar bom comportamento em ensaios isolados, conduzidos durante a época da seca, não apresenta o nível de resistência dos outros genótipos estudados, conforme comprovado neste trabalho; portanto, não deve ser recomendada aos programas de melhoramento que visem à produção de variedades destinadas a regiões com provável ocorrência de deficiência hídrica.

CONCLUSÕES

1. Ocorreu ajustamento do porte da planta, do número de nós na haste principal e dos ramos se-

cundários, sem que se apresentasse, porém, qualquer tendência que permitisse a compreensão da adaptação diferenciada dos genótipos à deficiência hídrica.

2. O peso específico foliar é sensível à deficiência hídrica, discrimina genótipos com resistência diferenciada à seca e é de fácil determinação; portanto, pode ser usado na identificação de genótipos promissores para as condições de deficiência hídrica.

3. Os genótipos BAT 477 e Carioca apresentaram produtividade, número de vagens por planta e peso de 100 sementes superiores, quando submetidos à deficiência hídrica, em comparação com a linhagem RAB 96. Esta, apesar de ter apresentado bom comportamento em ensaios isolados, conduzidos durante a época seca, não apresentou o nível de resistência à seca dos outros genótipos estudados e, portanto, não deve ser recomendada aos programas de melhoramento que visem à produção de variedades destinadas a regiões com provável ocorrência de deficiência hídrica.

REFERÊNCIAS

- ARAÚJO, G. A. de A. **Avaliação de cultivares de feijão à diferentes regiões do Estado de Minas Gerais.** Viçosa: EPAMIG, 1991. 13 p. Relatório.
- AUSTIN, R.B.; MORGAN, R.B.; FORD, M.A.; BLACKWELL, R.D. Contributions to grain yield from pre-anthesis assimilation in tall and dwarf barley in two contrasting seasons. **Annals of Botany**, London, v.45, p.309-319, 1980.
- BASCUR, G.; OLIVA, M.A.; LAING, D. Termometria infrarroja en selection de genotipos de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) resistentes a la sequia. II. Crecimiento y productividad. **Turrialba**, San Jose, v.35, n.1, p.49-53, 1985.
- BOYER, J.S. Subcellular mechanisms of plant response to low water potential. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v.7, p. 239-248, 1983.
- DOYLE, A.D.; FISCHER, R.A. Dry matter accumulation and water use relationships in wheat crops. **Australian Journal of Agricultural Research**, Melbourne, v.30, p.815-829, 1979.
- FISCHER, R.A. Growth and water limitation to dryland wheat yield in Australia: A physiological framework.

- Journal of the Australian Institute of Agricultural Science**, Marrickville, v.45, p.83-94, 1979.
- GUIMARÃES, C.M.; BRUNINI, O.; STONE, L.F. Adaptação do feijoeiro à seca. I. Densidade e eficiência radicular. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.31, n.6, p.393-399, 1996.
- GUIMARÃES, C.M.; ZIMMERMANN, M.J. Deficiência hídrica em feijão. In: REUNION DE TRABAJO SOBRE MEJORAMIENTO EN FRIJOL EN BRASIL CON ENFASIS EN TOLERANCIA A SEQUIA, 1985, Cali. **Anais**. Cali: CIAT, 1985. p.15-28.
- HALTERLEIN, A.J. Bean. In: TEARE, I. D.; PEAT, M. M. (Eds.). **Crop-water relations**. New York: John Wiley, 1982. p.157-185.
- HANKS, R.J.; KELLER, J.; RASMUSSEN, V.P.; WILSON, G.D. Line source sprinkler for continuous variable irrigation-crop production studies. **Soil Science Society of American Journal**, Madison, v.40, p.426-429, 1976.
- HOFSTRA, G.; HESKETH, J.D. The effects of temperature and CO₂ enrichment on photosynthesis in soybean. In: ENVIRONMENTAL and biological control of photosynthesis. The Hague: W. Junk, 1975. p.71-80.
- IBARRA, F. Efectos de sequía en características morfofisiológicas en genotipos de frijol en dos localidades de Durango, Mexico. In: INTERNATIONAL BEAN DROUGHT WORKSHOP, 1987, Cali, Colombia. **Proceedings...** Cali: CIAT, 1987. p.4-42.
- MAGALHÃES, A.A. de; MILLAR, A.A. Efeito do déficit de água no período reprodutivo sobre a produção de feijão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.13, n.2, p.55-60, 1978.
- NICOLAS, M.E.; GLEADOW, R.M.; DALLING, M.J. Effect of pos-anthesis on cell division and starch accumulation in developing wheat grains. **Annals of Botany**, London, v.55, p.1433-1444, 1985a.
- NICOLAS, M.E.; LAMBERGS, H.; SIMPSON, R.J.; DALLING, M.J. Effects of drought on metabolism and partitioning of carbon in two wheat varieties differing in drought tolerance. **Annals of Botany**, London, v.55, p.727-742, 1985b.
- RESENDE, M.; HENDERSON, D.W.; FERERES, E. Frequência de irrigação, desenvolvimento e produção do feijão kidney. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.16, n.3, p.363-370, 1981.
- ROBINS, J.S.; DOMINGO, C.E. Moisture deficits in relation to the growth and development of dry beans. **Agronomy Journal**, Madison, v.48, p.67-70, 1956.
- STONE, L.F.; PORTES, T.A. de; MOREIRA, J.A.A. Efeito da tensão da água do solo sobre a produtividade e crescimento do feijoeiro. II. Crescimento. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.23, n.5, p.503-510, 1988.
- TURNER, N.C.; BEGG, J.E. Plant-water relations and adaptation to stress. **Plant and Soil**, The Hague, v.58, p.97-131, 1981.
- WHITE, J.W.; CASTILLO, J.A. Studies at CIAT on mechanisms of drought tolerance in beans. In: INTERNATIONAL BEAN DROUGHT WORKSHOP, 1987. Cali, Colombia. **Proceedings...** Cali: CIAT, 1987. p.146-164.