

RESPOSTA DO FEIJOEIRO COMUM AO ESTRESSE TÉRMICO APLICADO EM DIFERENTES ESTÁGIOS FENOLÓGICOS¹

Agostinho Dirceu Didonet² e Tiago Barbosa Vitória²

ABSTRACT

COMMON BEAN RESPONSE TO HEAT STRESS IN
DIFFERENT PHENOLOGICAL STAGES

High temperature reduces grain yield of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as a consequence of the abortion of reproductive structures. Heat stress was applied in common bean cultivars BRS Pérola and BRS Valente, in different phenological stages to verify grain yield reduction. Plants were grown in pots at 22°C/18°C day/night, 12/12 hours, without water and nutrients limitations and with preventive insect and disease control. At stages V4, R5, R7, and R8 plants were submitted to temperatures of 37°C/25°C day/night, 12/12 hours for 72 hours, in growth chamber and then returned to the initial conditions. Pod abortion was evaluated, and, at R9 stage, accumulated dry weight and yield components were evaluated. Heat stress applied at R5, R7 and R8 stage increased the number of pods per plant; however, grains per pod and dry weight per seed decreased. From the data obtained it can be concluded that incidence of high temperatures from R5 until R7 stages reduced grain yield and commercial grain quality of common beans.

KEY WORDS: *Phaseolus vulgaris*, pod abortion, biomass yield, temperature.

RESUMO

Altas temperaturas podem reduzir o rendimento de grãos do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivado em regiões tropicais, em decorrência do abortamento de estruturas reprodutivas. Para determinar o período fenológico em que a incidência de altas temperaturas acarreta maior redução no rendimento, foram aplicados estresses térmicos em diferentes estágios fenológicos de plantas de feijoeiro, das cultivares BRS Pérola e BRS Valente. As plantas foram cultivadas em vasos, sem limitação de água e nutrientes e com controle fitossanitário preventivo, em temperaturas de 22°C/18°C dia/noite, 12/12 horas. Nos estágios V4, R5, R7 e R8, as plantas foram submetidas a temperaturas de 37°C/25°C dia/noite, 12/12 horas, durante 72 horas, em câmara de crescimento, após o que foram reconduzidas às condições anteriores. Avaliaram-se as vagens abortadas, e no estágio R9, o acúmulo de biomassa seca e os componentes do rendimento. O estresse térmico aplicado nos estágios R5, R7 e R8 aumentou o número de vagens por planta, vagens estas com menor número e massa de matéria seca nos grãos. Conclui-se que a incidência de altas temperaturas nos estágios R5 até R7 ocasionou redução sensível na produtividade e na qualidade dos grãos do feijoeiro comum.

PALAVRAS-CHAVE: *Phaseolus vulgaris*, abortamento de vagens, biomassa, temperatura.

INTRODUÇÃO

O cultivo do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.) em regiões tropicais faz com que as plantas estejam sujeitas a incidência de altas temperaturas, pelo menos, em algum estágio fenológico do desenvolvimento. Redução de ciclo, aumento na atividade respiratória, redução na taxa de assimilação de gás carbônico, aumento de biomassa e redução na produtividade de grãos são alguns efeitos provocado por altas temperaturas.

Quando estas incidem no período de formação da gema floral e início do enchimento da vagem, ocorrem severas perdas de produtividade (Shonnard & Gepts 1994).

Incremento de biomassa, aumento na taxa de transpiração, alongamento excessivo de entrenós, auto-sombreamento e alterações na partição de fotoassimilados são reflexos observados em caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.), quando cultivado sob temperaturas elevadas (Hall 1992). No feijoeiro comum, a redução na produtividade de grãos

1. Trabalho recebido em jul./2005 e aceito para publicação em nov./2006 (registro nº 652).

2. Embrapa Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, 75375-000 Santo Antônio de Goiás, GO.

E-mails: didonet@cnpaf.embrapa.br; tbvitoria@yahoo.com.br

decorrente de altas temperaturas têm sido relacionada à esterilidade do grão de pólen, redução na taxa de fertilização das flores e ao abortamento de flores e de vagens (Gross & Kigel 1994, Porch & Jahn 2001). Tais efeitos de altas temperaturas também são observados em outras espécies, como em amendoim (Kakani *et al.* 2002), ervilha (Guilioni *et al.* 2003), mostarda (Morrison & Stewart 2002), tomate (Silva *et al.* 2000) e linho (Cross *et al.* 2003).

O número de sementes em legumes é fortemente afetado por severo estresse térmico à semelhança do que ocorre na deficiência hídrica (Guilioni *et al.* 2003), geralmente refletindo-se em menor número de sementes por vagem. Por outro lado, plantas que sofrem estresse térmico somente por algum período apresentam aumento na taxa de florescimento, além de um prolongamento do período de floração (Cross *et al.* 2003). Em amendoim, somente um dia de estresse térmico a 40°C, durante a fase mais sensível da floração, provoca redução de 90% no número de bagas por planta (Prasad *et al.* 2001). Na maioria dos casos estudados, os efeitos negativos de altas temperaturas sobre a produtividade são mais pronunciados quando esta ocorre nas primeiras seis horas do dia (Hall 1992, Prasad *et al.* 2001).

No feijoeiro comum, temperaturas diurnas acima de 30°C e noturnas superiores a 20°C provocam abortamento de órgãos reprodutivos, principalmente, flores e vagens em formação (Silveira *et al.* 1980, Mariot 1989). Para evitar perdas de produtividade, recomenda-se o plantio do feijoeiro nas épocas em que a floração ocorre em temperaturas não superiores a 30°C (Gonçalves *et al.* 1997). No entanto, a crescente expansão do cultivo do feijoeiro em áreas cada vez mais próximas aos trópicos, além de cultivos altamente tecnificados sob irrigação, em época de seca na região central do Brasil indica que esses limites de temperatura são superados. Aliado a isso, o aumento da temperatura global nos últimos cem anos tem ocorrido muito mais em decorrência do incremento na temperatura mínima, registrando aumentos médios de 1,86°C contra aumentos de 0,88°C na média das temperaturas máximas (Easterling *et al.* 1997).

O objetivo deste trabalho foi definir os períodos fenológicos mais críticos em relação a perdas potenciais de produtividade, além de quantificar e estabelecer parâmetros para auxiliar no manejo do cultivo do feijoeiro comum sob condições de temperaturas elevadas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram conduzidos quatro ensaios com plantas das cultivares de feijoeiro comum BRS Pérola e BRS Valente, cultivadas em vasos (duas plantas por vaso), em condições controladas de temperatura, 22°C/18°C dia/noite, 12/12 horas, sem deficiência hídrica e de nutrientes, e com controle preventivo de pragas e doenças. Cada ensaio consistiu de cinco repetições para cada cultivar, com e sem a aplicação de estresse térmico, em um desenho experimental inteiramente casualizado.

O estresse térmico foi aplicado em câmara de crescimento por 72 horas a 37°C/25°C dia/noite, 12/12 horas e umidade relativa de 85%, nos seguintes estágios fenológicos: terceiro trifólio (V4) – ensaio I; início da floração (R5) – ensaio II; aparecimento da primeira vagem (R7) – ensaio III; e início do enchimento dos grãos (R8) – ensaio IV (Gross & Kigel 1994). Após o estresse térmico, as plantas foram reconduzidas às condições anteriores até o estágio R9 (maturação fisiológica).

Tanto nas plantas que sofreram estresse térmico quanto nas demais, todas as vagens que abortaram diariamente foram contadas até o estágio R9, determinando-se a porcentagem de abortamento. Neste estágio, todas as plantas, foram coletadas para avaliação da massa seca de folhas, ramos, vagens e grãos, bem como do número de vagens e de grãos. Após determinação da massa seca, os grãos foram separados em "normais" e "deformados", calculando-se a porcentagem de grãos deformados para cada cultivar, em cada ensaio. Foram, ainda, determinados o aumento percentual no número de vagens por planta e as reduções percentuais no número de grãos por vagens e na massa seca do grão, tendo como referência as plantas não estressadas. As médias dos tratamentos foram comparadas entre si pelo teste t (Student) a 5% de significância.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O estresse térmico aplicado em diferentes estágios de desenvolvimento, nas cultivares de feijoeiro comum BRS Pérola e BRS Valente, não alterou significativamente o acúmulo de massa de matéria seca total das plantas (Tabela 1). No entanto, quando se observa a massa seca acumulada nas folhas, ramos e grãos, separadamente, verifica-se que as plantas que sofreram o estresse acumularam maior

quantidade de massa seca vegetativa (folhas e ramos) e menor massa seca de grãos. Assim, as variações de acúmulo da massa de matéria seca nas estruturas vegetativas e reprodutivas compensaram-se e não afetaram o acúmulo da massa da matéria seca total das plantas.

A maior quantidade de biomassa seca nas partes vegetativas (fonte) das plantas estressadas e a menor quantidade de biomassa seca acumulada nos grãos (drenos), em comparação com as plantas não estressadas, indicam que os grãos não tiveram capacidade de redirecionar essa biomassa para o seu crescimento e desenvolvimento. Em amendoim, a capacidade de partição de biomassa para as sementes é uma característica importante para diferenciar genótipos tolerantes ao calor, os quais apresentam maior capacidade de partição do que os sensíveis (Prasad *et al.* 2001). O menor acúmulo de biomassa nos grãos ocorreu quando as plantas foram submetidas ao estresse térmico no estágio R5, indicando ser este um período bastante crítico às altas temperaturas. Este período crítico coincide com aquele observado em caupi, de três a cinco dias antes da antese (Hall 1992); em amendoim, ao redor de três dias antes da abertura da flor (Craufurd *et al.* 2000); e em tomate, de oito a nove dias antes da antese (Silva *et al.* 2000). Em condições de cultivo, quando

temperaturas máximas superiores a 30°C e mínimas superiores a 20°C ocorrem durante a floração do feijoeiro, pode-se esperar redução na produtividade potencial (Gonçalves *et al.* 1997). Estresse térmico incidente durante todo o período reprodutivo, também provoca redução na produtividade do feijoeiro (Shonard & Gepts 1994).

O menor acúmulo de biomassa de grãos, em ambas as cultivares de feijoeiro, ocorreu quando estas foram submetidas ao estresse térmico no estágio R5 (Tabela 1), o que pode ser explicado pela grande quantidade de grãos "deformados" produzidos por essas plantas (Figura 1). Na cultivar BRS Pérola, cerca de 40% dos grãos das plantas estressadas no estágio R5 apresentaram-se deformados, contra cerca de 10% das plantas não submetidas ao estresse. Na cultivar BRS Valente, estes valores foram em torno de 65% e 15%, respectivamente. Sementes menores e deformadas também foram encontradas em plantas de caupi, que cresceram em temperaturas elevadas durante o período reprodutivo (Hall 1992), assim como em linho (Cross *et al.* 2003). Embora as plantas de caupi tenham se desenvolvido durante todo o período reprodutivo nestas condições, e as plantas de linho tenham sofrido estresse térmico por até quatorze dias após a antese, os resultados foram semelhantes aos obtidos no presente experimento. A redução no tempo de enchimento dos grãos e os óvulos não fertilizados explicam a obtenção de sementes menores e deformadas nestas plantas.

O choque térmico provocou defazagem no abortamento de vagens, antecipando o período de maior percentual de queda de vagens, em relação às plantas controle, principalmente na cultivar BRS Pérola quando o choque térmico foi aplicado nos estágios R7 e R8 (Figura 2). Nesta cultivar, o choque térmico aplicado em R7 antecipou em cerca de quinze dias o período de maior abortamento de vagens; em cerca de dez dias, quando aplicado no estágio R8; e, quando aplicado no estágio R5, praticamente não houve defazagem (Figura 2). Na cultivar BRS Valente, esta defazagem não foi tão evidente (Figura 3), porém, as plantas submetidas ao choque térmico nos estágios R7 e R8 iniciaram o abortamento de vagens antes do controle. O abortamento de flores e vagens pequenas normalmente é alto no feijoeiro (Silveira *et al.* 1980) e ocorre para ajustar o suprimento com a demanda de fotoassimilados (Binnie & Clifford 1999). Sendo assim, as primeiras flores ao se transformarem em vagens exercem dominância em relação às demais estruturas reprodutivas, ocasionando o abortamento das flores tardias. Sob

Tabela 1. Acúmulo de massa da matéria seca (g. vaso⁻¹) em plantas das cultivares de feijoeiro comum BRS Pérola e BRS Valente, submetidas ao estresse térmico de 72 horas a 37°C/25°C, 12/12 horas, dia/noite em diferentes estágios de desenvolvimento (com estresse), e plantas não submetidas ao choque térmico (sem estresse), avaliadas na maturação fisiológica (valores médios de cinco repetições).

Estágio	BRS Pérola		BRS Valente	
	Com estresse	Sem estresse	Com estresse	Sem estresse
-----Massa da matéria seca de folhas-----				
3º trifólio -V4	5,22 ± 0,83 ¹	5,22 ± 1,07	5,27 ± 0,76	4,34 ± 1,50
Início floração - R5	5,19 ± 0,60	3,37 ± 1,10	3,56 ± 0,81	3,31 ± 0,39
Aparecimento 1ª vagem - R7	5,86 ± 2,48	3,38 ± 1,25	5,14 ± 1,14	2,70 ± 0,81
Início enchimento grãos - R8	6,12 ± 0,90	4,42 ± 0,45	4,56 ± 0,76	2,22 ± 1,16
-----Massa da matéria seca de ramos-----				
3º trifólio -V4	2,78 ± 0,19	2,52 ± 0,53	2,93 ± 0,63	2,46 ± 0,93
Início floração - R5	3,19 ± 0,57	2,09 ± 0,60	2,03 ± 0,60	1,85 ± 0,33
Aparecimento 1ª vagem - R7	4,44 ± 1,26	2,48 ± 0,62	3,14 ± 0,59	1,94 ± 0,38
Início enchimento grãos - R8	3,07 ± 0,66	1,78 ± 0,15	2,60 ± 0,88	1,24 ± 0,34
-----Massa da matéria seca de grãos-----				
3º trifólio -V4	1,14 ± 0,70	3,23 ± 1,13	1,06 ± 1,05	3,86 ± 1,52
Início floração - R5	2,45 ± 0,67	7,05 ± 3,25	0,61 ± 0,28	5,08 ± 1,72
Aparecimento 1ª vagem - R7	3,52 ± 1,85	7,22 ± 1,78	2,80 ± 1,56	6,62 ± 2,15
Início enchimento grãos - R8	2,34 ± 1,23	6,77 ± 1,44	3,18 ± 2,25	3,36 ± 2,01
-----Massa da matéria seca total-----				
3º trifólio -V4	11,14 ± 1,75	13,08 ± 2,06	11,40 ± 0,56	12,52 ± 2,89
Início floração - R5	14,27 ± 1,90	14,75 ± 5,32	7,98 ± 2,37	12,04 ± 2,60
Aparecimento 1ª vagem - R7	17,36 ± 3,77	15,94 ± 3,81	14,04 ± 2,18	13,86 ± 3,77
Início enchimento grãos - R8	12,78 ± 0,93	15,18 ± 1,92	11,46 ± 2,00	7,92 ± 4,05

¹ - Erro padrão da média, para cada cultivar, em cada estágio de desenvolvimento.

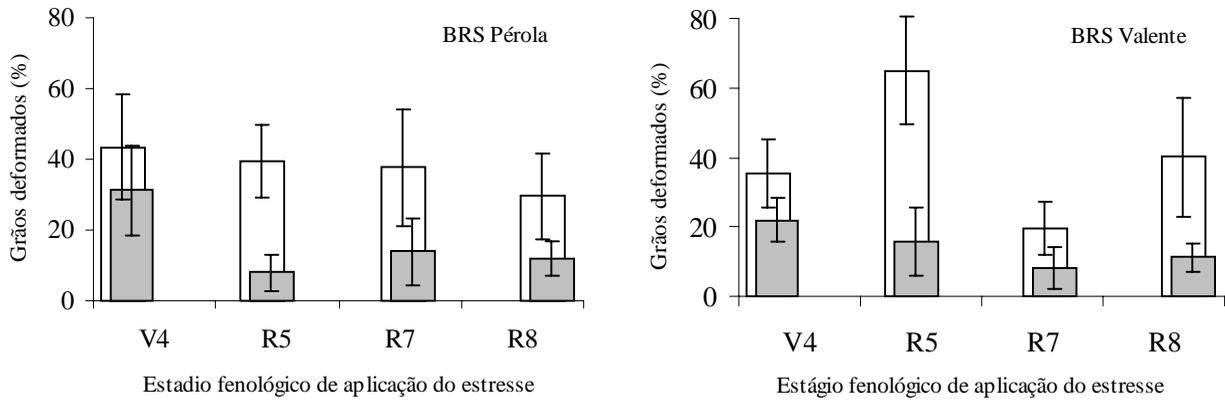


Figura 1. Influência do estresse térmico de 72 horas a 37/25oC, 12/12 horas, dia/noite, aplicado em diferentes estágios fenológicos das cultivares de feijoeiro comum BRS Pérola e BRS Valente. Plantas controle (□); plantas submetidas ao estresse (■). Valores médios de cinco repetições e respectivo DMS (t-Student) a 5% de probabilidade.

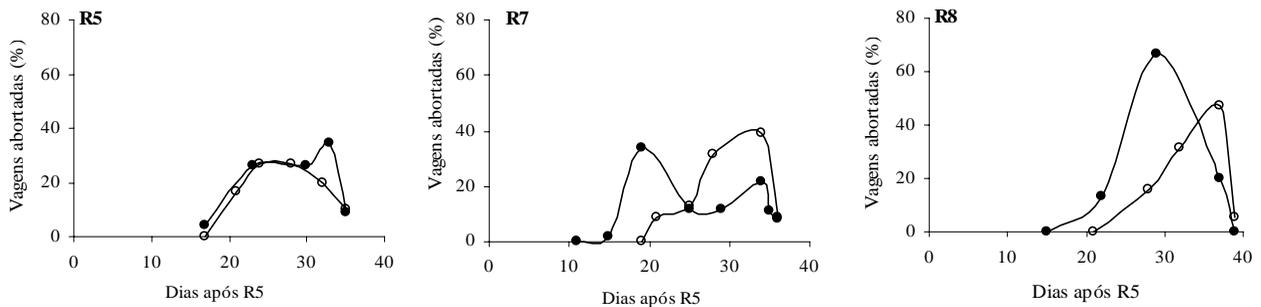


Figura 2. Flutuação percentual do número de vagens abortadas por planta da cultivar BRS Pérola de feijoeiro comum avaliada após o início do florescimento (R5), com (●) e sem (○) a aplicação de estresse térmico de 72 horas a 37/25oC, 12/12 horas, dia/noite, aplicado em três diferentes estágios fenológicos (R5, R7 e R8). Valores médios de cinco repetições.

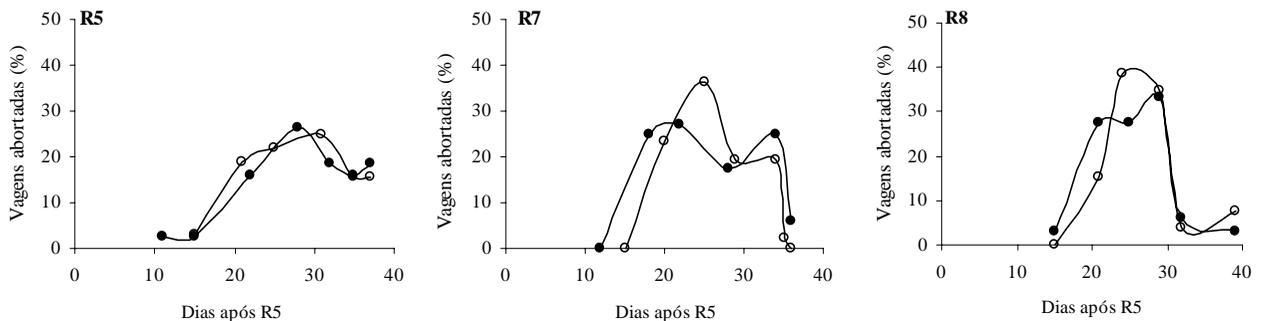


Figura 3. Flutuação percentual do número de vagens abortadas por planta da cultivar BRS Valente de feijoeiro comum avaliada após o início do florescimento (R5), com (●) e sem (○) a aplicação de estresse térmico de 72 horas a 37/25oC, 12/12 horas, dia/noite, aplicado em três diferentes estágios fenológicos (R5, R7 e R8). Valores médios de cinco repetições.

condições de altas temperaturas, esse abortamento se torna ainda maior, decorrente de problemas causados pela temperatura nos órgãos reprodutivos.

Nas plantas que sofreram o estresse térmico, o abortamento de flores que em situação normal iriam vingar, provoca a quebra da dominância, estimulando a produção de flores mais tardias (Fischer & Weaver 1974). Claramente, o choque térmico aplicado nos estágios R7 e R8 provocou maior abortamento também das vagens que são provenientes das floradas

iniciais. Já nas plantas não estressadas, o maior vingamento de vagens ocorreu a partir da primeira florada, abortando a grande maioria das vagens originadas das floradas posteriores. A menor defazagem observada na cultivar BRS Valente, possivelmente, pode ser decorrente da menor capacidade genética desta cultivar em desenvolver floradas sucessivas.

Na maturação fisiológica, em ambas as cultivares, o estresse térmico provocou aumento no

número final de vagens por planta, em relação às plantas não estressadas, principalmente quando aplicado nos estágios R5, R7 e R8 (Figura 4). No entanto, este maior número de vagens foi relacionado com menor número de sementes em cada vagem (Figura 5). Sementes estas que acumularam menor quantidade de biomassa seca (Figura 6), em comparação à biomassa produzida nas plantas controle. Esse maior número de vagens nas plantas estressadas pode ser explicado pela maior proporção de abortamento das primeiras vagens, fato que provocou floradas tardias intensas nestas plantas e, conseqüentemente, um vingamento maior de vagens tardias, semelhante ao que ocorre em amendoim (Craufurd *et al.* 2000) e em nabo (Morrison & Stewart 2002). Nestas condições, com vagens de diferentes idades e tamanhos, se estabelece uma competição por carboidratos e nutrientes vantajosa para as vagens mais desenvolvidas, com maior capacidade de remobilização, em detrimento das

vagens mais jovens. Embora desejável, o maior número de vagens por planta provocado pelo estresse térmico causou grande desuniformidade na maturação, com sementes normais nas vagens mais velhas e sementes deformadas nas vagens que se originaram posteriormente. Tudo isso, resultando em menor produtividade de grãos por planta.

CONCLUSÕES

1. O número de grãos por vagem e a massa da matéria seca acumulada nos grãos são caracteres adequados para quantificar o efeito da incidência de temperaturas elevadas no feijoeiro comum.
2. Os estágios mais críticos à incidência de temperaturas elevadas, nas cultivares BRS Pérola e BRS Valente, são os compreendidos entre início da floração e início de formação de vagens.

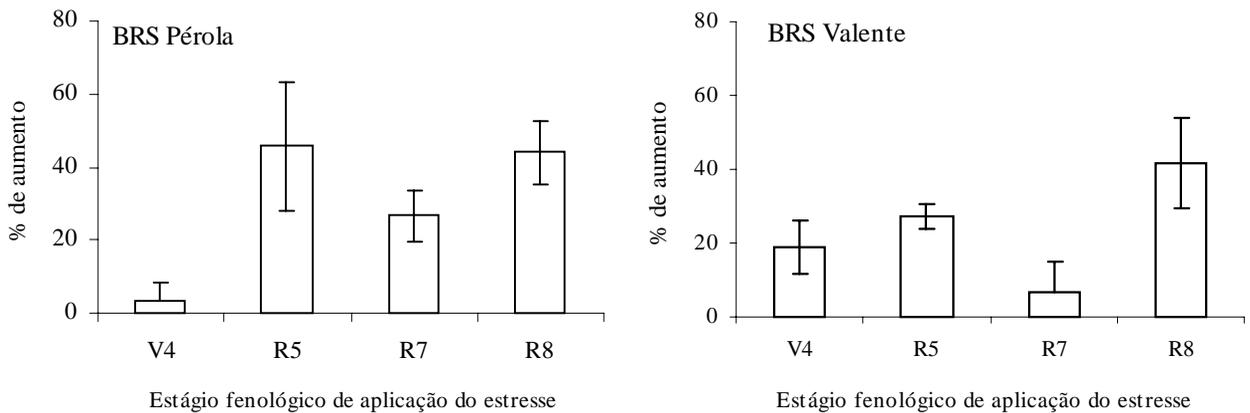


Figura 4. Aumento percentual no número de vagens por planta, em relação a plantas não estressadas, nas cultivares de feijoeiro comum BRS Pérola e BRS Valente, decorrente de estresse térmico de 72 horas a 37/25 C, 12/12 horas, dia/noite, aplicado em diferentes estágios fenológicos. Valores médios de cinco repetições e respectivo DMS (t-Student) a 5% de probabilidade.

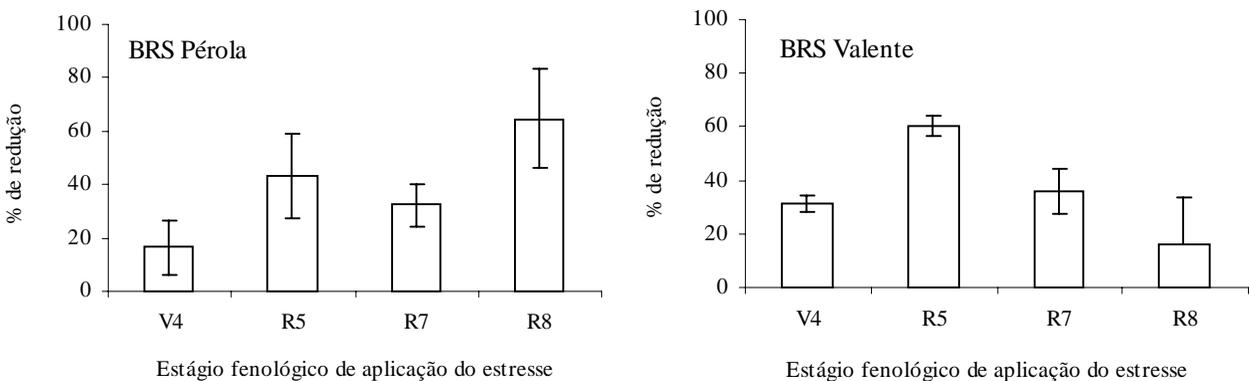


Figura 5. Redução percentual no número de grãos por vagem, em relação a plantas não estressadas, nas cultivares de feijoeiro comum BRS Pérola e BRS Valente, sob efeito de estresse térmico de 72 horas a 37/25 C, 12/12 horas, dia/noite, aplicado em diferentes estágios fenológicos. Valores médios de cinco repetições e respectivo DMS (t-Student) a 5% de probabilidade.

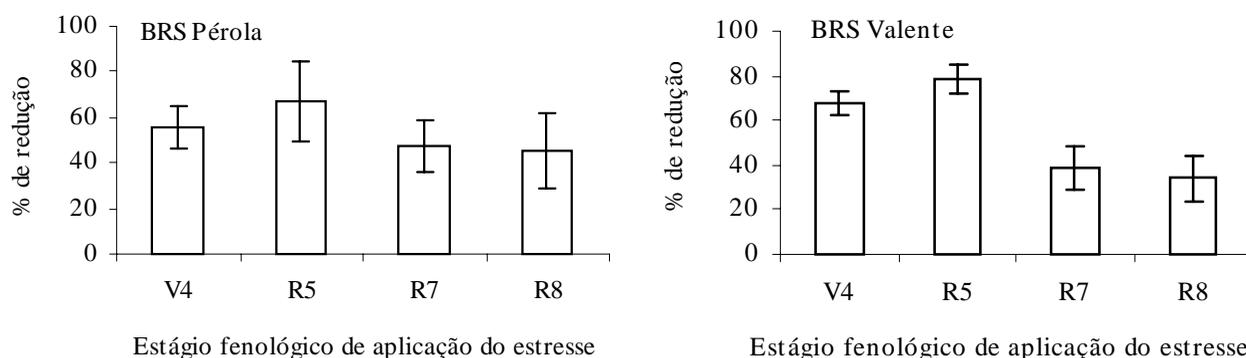


Figura 6. Redução percentual na massa seca do grão, em relação a plantas não estressadas, nas cultivares de feijoeiro comum BRS Pérola e BRS Valente, sob efeito de estresse térmico de 72 horas a 37/25 C, 12/12 horas, dia/noite, aplicado em diferentes estágios fenológicos. Valores médios de cinco repetições e respectivo DMS (t-Student) a 5% de probabilidade.

AGRADECIMENTOS

À Secretaria Estadual de Ciência e Tecnologia do Estado de Goiás, Programa Proinpe, pelo apoio financeiro.

REFERÊNCIAS

- Binnie, R. C. & P. E. Clifford. 1999. Sink characteristics of reproductive organs of dwarf bean in relation to likelihood of abscission. *Crop Sci.*, 39 (4): 1077-1082.
- Craufurd, P. Q., T. R. Wheeler, R. H. Ellis, R. J. Summerfield & P. V. V. Prasad. 2000. Escape and tolerance to high temperature at flowering in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). *J. Agric. Sci.*, 135 (4): 371-378.
- Cross, R. H., S. A. B. McKay, A. G. McHughen & P. C. Bonham-Smith. 2003. Heat-stress effects on reproduction and seed set in *Linum usitatissimum* L. (flax). *Plant, Cell and Environment*, 26 (6): 1013-1020.
- Easterling, D. R., B. Horton, P. D. Jones, P. C. Peterson, T. R. Karl, D. E. Parker, M. J. Salinger, V. Razuvayev, N. Plummer, P. Jamason & C. K. Folland. 1997. Maximum and minimum temperature trends for the globe. *Science*, 277 (5324): 364-367.
- Fischer, V. J. & C. K. Weaver. 1974. Flowering, pod set, and pod retention of lima bean in response to night temperature, humidity, and soil moisture. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 99 (5): 448-450, 1974.
- Gonçalves, S. L., M. S. Wrege, P. H., Caramori, E. J. Mariot & M. A. Neto. 1997. Probabilidade de ocorrência de temperaturas superiores a 30oC no florescimento do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.), cultivado na safra das águas no Estado do Paraná. *Rev. Bras. Agromet.*, 5 (1): 99-107.
- Gross, Y. & J. Kigel. 1994. Differential sensitivity to high temperature of stages in the reproductive development of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Field Crops Res.*, 36 (3): 201-212.
- Guilioni, L. J. J. Wéry & J. Lecoœur. 2003. High temperature and water deficit may reduce seed number in field pea purely by decreasing plant growth rate. *Funct. Plant Biol.*, 30(11): 1151-1164.
- Hall, A. E. 1992. Breeding for heat tolerance. *Plant Breed. Rev.*, 10(1): 129-168.
- Kakani, V. G., P. V. V. Prasad, P. Q. Craufurd & T. R. Wheeler. 2002. Response of *in vitro* germination and pollen tube growth of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) genotypes to temperature. *Plant Cell Envir.*, 25 (12): 1651-1661.
- Mariot, E. J. 1989. Ecofisiologia do feijoeiro. p. 25-41. In Iapar. O feijão no Paraná. Londrina. 303 p. (Circular 63).
- Morrison, M. J. & D. W. Stewart. 2002. Heat stress during flowering in summer brassica. *Crop Sci.*, 42 (3): 797-803.
- Porch, T. G. & M. Jahn. 2001. Effects of high-temperature stress on microsporogenesis in heat-sensitive and heat-tolerant genotypes of *Phaseolus vulgaris*. *Plant Cell Envir.*, 24 (7): 723-731.
- Prasad, P. V. V., P. Q. Craufurd, V. G. Kakani, T. R. Wheeler & K. J. Boote. 2001. Influence of high temperature during pre-and post-anthesis stages of floral development on fruit-set and pollen germination in peanut. *Aust. J. Plant Physiol.*, 28 (3): 233-240.
- Shonnard, G. C. & P. Gepts. 1994. Genetics of heat tolerance during reproductive development in common bean. *Crop Sci.*, 34 (5): 1168-1175.
- Silva, A. C. T. F., I. C. Leite & L. T. Braz. 2000. Avaliação da viabilidade do pólen como possível indicativo de tolerância a altas temperaturas em genótipos de tomateiro. *Rev. Bras. Fisiol. Veg.*, 12 (2): 156-165.
- Silveira, P. M. da, T. de A. Portes & L. F. Stone. 1980. Idade de floração e vingamento de flores em duas cultivares de feijão. *Pesq. Agropec. Bras.*, 15 (2): 229-232.