

INFLUÊNCIA DO SOMBREAMENTO CAUSADO PELO MILHO NA ANATOMIA DA FOLHA DE FEIJOEIRO DE DIFERENTES HÁBITOS DE CRESCIMENTO.

I. ESTÔMATOS E TRICOMAS¹

HELOISA TORRES DA SILVA², JOÃO DOMINGOS RODRIGUES³
e JOAQUIM GERALDO CÁPPIO DA COSTA⁴

RESUMO - Foram estudados os tipos e a densidade de estômatos e tricomas em folhas de cultivares de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) de hábito de crescimento determinado (cv. Canário 101) e indeterminado (cvs. Rio Tibagi e Costa Rica 1031), sob influência do sombreamento provocado pelo milho, de acordo com os sistemas de cultivo: feijoeiro com milho seco cortado a 10 cm do solo, dobrado à altura da primeira espiga e mantido em pé. Foram feitas avaliações nas regiões basal, mediana e apical, e nas epidermes adaxial e abaxial da lâmina do folíolo central da terceira folha trifoliolada. Medidas da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) foram tomadas, semanalmente, em diferentes níveis de altura das plantas em relação ao solo. Os sistemas de cultivo com milho seco dobrado e em pé, juntamente com o sombreamento intra e entre feijoeiros, reduziram a disponibilidade total de radiação. A densidade estomática nas epidermes foliares das três cultivares foi influenciada pela radiação disponível resultante dos sistemas de cultivo utilizados, aumentando sob radiação e reduzindo sob sombreamento. A densidade estomática média, nos três sistemas de cultivo, foi maior na epiderme abaxial, apresentando uma tendência a ser maior na região mediana, e menor, na região basal do folíolo. A epiderme abaxial foi mais afetada pelas diferentes quantidades de radiação em relação à densidade de tricomas do tipo curvo e glandular, do que a epiderme adaxial. Níveis mais altos de radiação aumentaram a densidade desses tricomas. A densidade de tricomas do tipo reto não sofreu influência da radiação. A cv. Canário 101 apresentou mais plasticidade em relação à densidade de tricomas curvos do que as cvs. Rio Tibagi e Costa Rica 1031.

Termos para indexação: densidade, epiderme foliar, radiação fotossinteticamente ativa (RFA), sistemas de cultivo, sombreamento, feijoeiro.

INFLUENCE OF SHADING BY MAIZE PLANTS ON LEAF ANATOMY OF BEAN OF DIFFERENT GROWTH HABITS. I. STOMATA AND TRICHOMES

ABSTRACT - The types and density of stomata and trichomes were studied in leaves of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars with determinate (Canário 101) and indeterminate (Rio Tibagi and Costa Rica 1031) growth habit, grown under different light intensities determined by shading by maize plants. The cropping systems were: dried plants of maize cut at 10 cm from the soil surface, plants doubled over below the first ear and upright plants. The evaluations were made at the basal, median and apical regions, and on the abaxial and adaxial surfaces of the central leaflet of the third trifoliolate leaf. Measurements of photosynthetically active radiation (PAR) were taken weekly at different heights within the bean plant canopy. The cropping systems with doubled over and upright maize plants caused a decrease in the total incident radiation. The stomatal density in all three cultivars increased with PAR. Across cropping systems, the abaxial surface showed a higher stomatal density than the adaxial and the median region showed a higher density than the basal. The density of hooked and glandular trichomes on the abaxial surface was more affected by the available radiation than on the adaxial. Higher levels of radiation increased the density of these trichomes, and there were no effects on the straight trichomes. Canário 101 showed a higher density of hooked trichomes plasticity than Rio Tibagi and Costa Rica 1031.

Index terms: density, leaf surface, photosynthetically active radiation (PAR), cropping systems, shading, bean.

INTRODUÇÃO

As leguminosas de grão são potencialmente consorciáveis devido ao período de maturação relativamente curto, alto valor protéico e capacidade de fixação de nitrogênio. No entanto, a maioria das leguminosas tropicais é muito sensível ao sombreamento parcial. No caso do consórcio entre feijoeiro-comum e milho, este último é favorecido na

¹ Aceito para publicação em 8 de julho de 1988.

Parte da tese apresentada pela autora à UNESP/Campus de Botucatu, SP, para obtenção do título de Mestre em Ciências Biológicas - Área de Botânica.

² Bióloga, M.Sc., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, CEP 74000 Goiânia, GO.

³ Eng. - Agr., Ph.D., Prof.-Titular, Dep. de Bot. do IBBMA/UNESP/Campus de Botucatu, CEP 18610 Botucatu, SP.

⁴ Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/CNPAP.

captação da luz, enquanto o feijoeiro sofre o efeito do sombreamento provocado pelo milho.

No Brasil, uma parte considerável do feijão plantado na época seca é feita no sistema de substituição, que consiste em plantar o feijão entre as fileiras do milho quando este atinge a maturação fisiológica. Neste sistema de cultivo, não há competição por nutrientes e água, uma vez que o milho já completou o ciclo de desenvolvimento, mas há a influência do sombreamento. Este, além de alterar a intensidade luminosa, provoca variações em outros fatores do ambiente, como: temperatura, umidade relativa do ar e umidade do solo, os quais afetam, conseqüentemente, os processos fisiológicos do feijoeiro. Sendo, a folha, uma estrutura associada a esses processos e principal fonte de assimilados na planta, podem ocorrer variações na sua estrutura anatômica em decorrência do sombreamento, variações, essas, que se refletem no desenvolvimento e na produtividade das plantas.

Os estômatos são estruturas especializadas, envolvidas na transpiração e fotossíntese, muito sensíveis a estímulos ambientais e edáficos (Maya & Kohashi-Shibata 1976). Segundo estes autores, a sua frequência, tamanho e disposição, tanto nas epidermes adaxial e abaxial como ao longo da lâmina foliar, são características importantes em relação à velocidade da transpiração.

A frequência estomática está relacionada com a posição, idade, epiderme e região da folha amostrada, e varia com os diferentes materiais genéticos utilizados (Maya & Kohashi-Shibata 1976). Além disso, é influenciada pelas condições ambientais em que as plantas se desenvolvem, dentre as quais a luz é importante fator: o sombreamento reduz a frequência estomática, ao passo que altas intensidades luminosas aumentam-na em vários cultivos, como: soja (Cihá & Brun 1975, Volkenburgh & Davies 1977), cevada (Miskin & Rasmusson 1970), alfafa e trevo (Cooper & Qualls 1967), algodão (Volkenburgh & Davies 1977) e feijão (Knecht & O'Leary 1972, Crookston et al. 1975, Silva 1979).

Os tricomas são apêndices epidérmicos de forma, estrutura e funções diversas representados pelos protetores, sustentadores e glandulares, escamas e papilas diversas (Esau 1965). No presente trabalho o termo tricoma foi empregado para designar pêlos.

Os tricomas exercem papel protetor contra a perda de água e contra o excesso de radiação. Segundo Sorokin & Thimann (1964), citados por Silva & Anderson (1985), os tricomas estão, de certo modo, envolvidos nas taxas de transpiração. Logo, mudanças na sua frequência poderão ter implicações fisiológicas. Haberlandt (1924), citado por Rizzini (1976), comparou uma folha de *Stachys lanata*, erva do Mediterrâneo, com tricomas, e outra cujos tricomas tinham sido removidos, e constatou que, sob radiação direta, a transpiração da segunda mostrou-se duas vezes mais intensa do que a da primeira.

Em feijoeiro os tricomas são comuns nas epidermes das folhas e caules, especialmente em plantas jovens. Nas folhas, ocorrem vários tipos, no entanto, os tricomas curvos são mais especializados e parecem muito importantes na defesa da planta. Eles limitam os danos ao feijoeiro, reduzindo a densidade populacional da cigarrinha (*Empoasca fabae* Harris). Pillemer & Tingey (1978) citam que Pillemer & Tingey (1976) demonstraram uma relação linear e correlação positiva significativa entre densidade de tricoma e captura e mortalidade de cigarrinha, após examinarem dois genótipos de feijão diferentes quanto à densidade de tricomas curvos. Também em cultivares pubescentes de alguns cultivos, como algodão (Parnell et al. 1949), soja (Johnson & Hollowell 1935, Broersma et al. 1972) e leguminosas forrageiras (Taylor 1956) - todos citados por Pillemer & Tingey (1978) -, os danos causados por este inseto foram reduzidos.

A densidade de tricomas varia com a cultivar de feijão. Sobre folhas de muitas cultivares pubescentes a densidade é alta nos espaços entre as nervuras, e muito baixa ao longo das mesmas, enquanto nas cultivares escassamente pubescentes os tricomas estão presentes, às vezes, somente ao longo das nervuras (Johnson 1953).

Resultados obtidos por Smith & Nobel (1978) com *Encelia farinosa* Gray, espécie da família das *Compositae*, de ambiente desértico, indicaram que a radiação é importante para o desenvolvimento da pubescência. Folhas sob alta radiação apresentam maior pubescência e, conseqüentemente, menor absorção da radiação solar; sob radiação relativamente baixa, são pouco pubescentes e apresenta-

ram maior absorção. O grau de plasticidade da pubescência, dependendo da radiação, auxilia o papel adaptativo da folha pubescente em alterar a capacidade de absorção.

O objetivo deste trabalho foi verificar quais os tipos e a densidade de estômatos e tricomas em folhas de cultivares de feijão de hábito de crescimento determinado e indeterminado, sob influência do sombreamento provocado pelo milho, de acordo com os diferentes sistemas de cultivo utilizados.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado em 1983/84, na área experimental do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF) da EMBRAPA, em Goiânia, GO, em um Latossolo Vermelho-Escuro Distrófico A moderado, textura argilosa, fase floresta subperenifolia e relevo plano (Freitas et al. 1975).

As cultivares (cvs.) de feijão (*Phaseolus vulgaris* L.) utilizadas foram: Canário 101 (C 101), de hábito de crescimento determinado (tipo I, segundo o Centro Internacional de Agricultura Tropical 1981); Rio Tibagi (RT), de hábito de crescimento indeterminado, arbustivo (tipo II), e Costa Rica 1031 (CR 1031), de hábito de crescimento indeterminado, trepador (tipo IV) (Silva 1981). A cultivar de milho (*Zea mays* L.) foi AG 162. As Fig. 1, 2 e 3 ilus-

tram os hábitos de crescimento das cultivares de feijão estudadas.

Quando o milho atingiu o estágio de maturação fisiológica, aproximadamente um mês antes do plantio do feijão, foi feito o preparo dos tratamentos ou sistemas de cultivo: corte do milho a 10 cm do solo e retirada da parte aérea para constituir o sistema 1; dobra do milho à altura da primeira espiga (sistema 2) e manutenção do milho em pé (sistema 3). A presença do milho no sistema 1 foi para manter as condições de uniformidade das parcelas experimentais, e nos sistemas 2 e 3, para sombreamento do feijoeiro. Este foi semeado quando o milho atingiu o estágio de maturação.

O delineamento experimental utilizado foi o de parcelas subdivididas, com cinco repetições e nove tratamentos. As parcelas principais foram constituídas pelos hábitos de crescimento das plantas, representados pelas cultivares C 101 (tipo I), RT (tipo II) e CR 1031 (tipo IV), e as sub-parcelas, pelos três sistemas de cultivo: feijoeiro com milho seco cortado, dobrado e em pé.

Cada sub-parcela foi constituída por três linhas de milho e seis de feijoeiro, de 3 m de comprimento. O espaça-



FIG. 1. Planta de feijão com hábito de crescimento determinado, arbustivo, (tipo I).



FIG. 2. Planta de feijão com hábito de crescimento indeterminado, arbustivo, (tipo II).



FIG. 3. Planta de feijão com hábito de crescimento determinado, trepador, (tipo IV).

mento entre as linhas foi de 1 m para o milho e 50 cm para o feijão, e a densidade utilizada, de sete e quatorze plantas/m, respectivamente. A área total da subparcela foi de 7,5 m². A área útil para a amostragem das plantas foi constituída de quatro linhas centrais, sendo desprezadas as duas linhas de bordadura e mais 50 cm em cada extremidade das linhas.

Para as avaliações anômicas foram coletados três folíolos centrais da terceira folha trifoliolada distendida, de plantas sob competição, nos três sistemas de cultivo, e em três repetições. Seções de aproximadamente 1 cm² foram tomadas das regiões basal, mediana e apical da lâmina de cada folíolo para identificação e contagem dos estômatos e tricomas, nas epidermes adaxial e abaxial. Para confecção das lâminas, utilizou-se a técnica de impressão de epidermes empregada por Sampson (1961), modificada, substituindo-se o uso de "silicone rubber plastic" pelo adesivo de ester de cianoacrilato ("Super Bonder"). Foram também confeccionadas lâminas semi-permanentes das epidermes, coradas com safranina hidroalcoólica a 1:1 ou sem coloração, montadas em gelatina glicerinada.

A contagem por mm² foi feita com auxílio de microscópio binocular Zeiss, equipado com câmara clara, em aumento de 640x, empregando-se a técnica de Labouriau et al. (1961). Para cada epiderme e região da lâmina foliar anotou-se o número de células estomáticas e dos diferentes tipos de tricomas, em dez campos de observação escolhidos ao acaso.

Os valores médios foram calculados e submetidos a análise de variância, de acordo com o delineamento experimental proposto, usando-se apenas três repetições. Foram também realizadas comparações de médias pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de significância.

Para avaliar as quantidades de radiação foram realizadas medidas da radiação fotossinteticamente ativa (RFA), com auxílio de um Sensor Linear L.I. 191 SB conectado a um microvôltagemetro, modelo LI-185, ambos LI-COR, INC. Estas medidas foram tomadas em diferentes níveis de altura das plantas em relação ao solo (Fig. 4), a partir dos 17 dias após a emergência, semanalmente, em dois períodos diários, nos três sistemas de cultivo e em três repetições, até o final da floração e início da maturação.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sistemas de cultivo e radiação

Os sistemas de cultivo utilizados provocaram diferentes percentuais de interceptação e transmissão da radiação fotossinteticamente ativa (RFA) para as plantas de feijão. A radiação disponível diminuiu gradativamente em relação à radiação total, conforme o sistema, nos estádios de desenvolvimento vegetativo e reprodutivo das plantas (Fig. 5).

A presença do milho seco em pé (sistema 3) normalmente reduziu mais a luminosidade entre os estratos das plantas, exceto entre a copa do feijoeiro e o nível do solo (N₃-N₄), onde o milho seco dobrado à altura da primeira espiga (sistema 2) foi o responsável pela maior redução da luz nas cvs. C 101 e RT. Isto ocorreu, provavelmente, porque as folhas de milho dobradas ocupavam, nesse estrato, uma área maior do que as folhas de milho em pé, provocando, dessa forma, mais sombreamento para as plantas de feijão. A cultivar CR 1031 em relação ao nível N₃-N₄ apresentou maior redução da disponibilidade de luz no sistema 1, seguido do sistema 2. Isto ocorreu devido ao grande desenvolvimento que as plantas do tipo IV normalmente atingem, com os ramos entrelaçando-se uns aos outros, ocupando uma área maior e, conseqüentemente, interceptando mais luz e

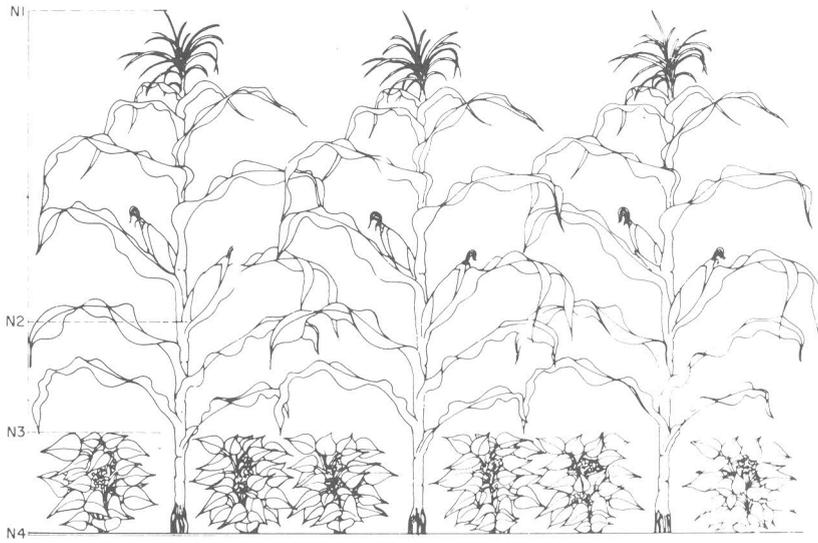


FIG. 4. Níveis de altura das plantas de milho e feijão:

N₁ - acima da copa do milho.

N₂ - à altura da primeira espiga.

N₃ - à altura da copa do feijoeiro.

N₄ - ao nível do solo.

provocando forte sombreamento, notadamente nos estratos superiores. A mesma redução foi observada no nível N₁-N₄, a partir dos 29 a 36 dias após a emergência.

Quanto à disponibilidade total de radiação, esta foi mais reduzida nos sistemas 2 e 3, e o próprio feijoeiro também foi responsável por esta redução, pois no estágio reprodutivo ocorre forte sombreamento intra e entre plantas, como se observou nas três cultivares.

Estômatos

As lâminas foliares das cultivares de feijão apresentaram estômatos do tipo paracítico (Metcalf & Chalk 1950) nas epidermes adaxial e abaxial. O complexo estomático é formado por duas células-guarda providas de cloroplastos e de duas células subsidiárias, dispostas paralelamente à abertura das células-guarda (Fig. 6, A). Ocorreram, também, estômatos com três ou quatro células subsidiárias, que poderiam ser, ou não, dos tipos anisocítico e anomocítico (Metcalf & Chalk 1950) (Fig. 6, B). Metcalf & Chalk (1957), citados por Souza (1985), admitem a dificuldade em se classificar um tipo de estômato rodeado por três ou quatro célu-

las de tamanhos iguais, ou quase iguais, no tipo aniso ou anomocítico.

Analisando a média da densidade estomática conjuntamente, nos três sistemas de cultivo, constatou-se que ela diferiu entre as cultivares CR 1031 e C 101, sendo que a primeira cultivar apresentou densidade maior (Tabela 1). Esses resultados confirmam que a densidade estomática varia entre cultivares de feijão - como constatou Floor-Drees (1984) ao avaliar 15 materiais diferentes - e entre cultivares de cevada (Miskin & Rasmusson 1970), soja (Ciha & Brun 1975), alfafa (Cole & Dobrenz 1970), trigo (Teare et al. 1971), sorgo (Rodella 1980) e espécies de *Agrostis* (Shearman & Beard 1972).

Em relação à epiderme da folha, o mesmo tipo de análise mostrou que a densidade estomática na epiderme abaxial foi superior à da adaxial (Tabela 1 e Fig. 6 C, D), confirmando os resultados obtidos por Douth (1932), Knecht & O'Leary (1972), Silva (1979) e Floor-Drees (1984), em folhas de feijoeiro. As três cultivares variaram em relação à densidade estomática na epiderme adaxial, enquanto que na abaxial houve diferença significativa entre as cvs. RT e CR 1031 e RT e C 101 (Tabela 1).

Diferenças quanto à densidade estomática nas epidermes refletem-se na resistência estomática da folha e, conseqüentemente, na transpiração, pois, quanto maior a densidade estomática, menor a resistência estomática da folha. Logo, a epiderme abaxial deve apresentar uma resistência estomática menor do que a adaxial. Estes resultados foram comprovados por Silva (1979), em folhas de feijoeiro, e por Volkenburgh & Davies (1977), em folhas de algodão.

Quanto às regiões da folha, as cultivares não apresentaram diferença significativa em relação à densidade estomática. No entanto, pode-se observar, através das médias (Tabela 2), que a região mediana apresentou a maior densidade de estômatos nas três cultivares, enquanto a basal, considerando-se a média das cultivares, apresentou a menor densidade. Gupta (1961), avaliando três espécies da família *Solanaceae*, encontrou estômatos mais uniformemente distribuídos na região mediana da folha, e em culturas como milho (Maya & Kohashi-Shibata 1976), sorgo (Rodella 1980), alfafa e trevo (Cooper & Qualls 1967), triticale e centeio (Sapra et al. 1975) a densidade estomática foi menor na região basal da folha.

Em relação à radiação disponível resultante dos diferentes sistemas de cultivo, as cultivares comportaram-se diferentemente quanto à densidade estomática: nas epidermes adaxial e abaxial o maior número de estômatos/mm² ocorreu no sistema 1 e o menor, no 3 (Fig. 7), mostrando que a intensidade luminosa influencia a densidade estomática em folhas de feijoeiro, como demonstraram Knecht & O'Leary (1972), Crookston et al. (1975) e Silva & Anderson (1985). Analisando, conjuntamente, a densidade de estômatos nas epidermes foliares das cvs. C 101, RT e CR 1031, constatou-se que na abaxial houve diferenças significativas entre os sistemas, refletindo os diferentes graus de intensidade luminosa, enquanto que na adaxial, somente a média do sistema 1 diferiu da dos sistemas 2 e 3, sombreados, os quais não diferiram entre si (Tabela 3). Silva (1979), analisando as médias da resistência estomática de folhas de feijoeiro submetidas a quatro tratamentos de luz, verificou que nas duas epidermes ela decresceu com o aumento da intensidade luminosa, e que, na abaxial, as médias foram menores do que na adaxial, devido, principalmen-

te, ao maior número de estômatos da epiderme abaxial. Sharpe (1973), citado por Ciha & Brun (1975), registrou que o número de estômatos das epidermes adaxial e abaxial de folhas de algodão variou em relação à intensidade luminosa.

Os resultados obtidos sugerem que há diferenças genéticas entre as cultivares quanto à densidade estomática, e que nas epidermes adaxial e abaxial das folhas esta densidade é influenciada pelo ambiente, como indicam diversos autores (Doutt 1932, Cooper & Qualls 1967, Knecht & O'Leary 1972, Miskin & Rasmusson 1970, Shearman & Beard 1972, Silva & Anderson 1985, Teare et al. 1971, Volkenburgh & Davies 1977).

Tricomas

As epidermes das folhas de feijoeiro apresentaram os tipos de tricomas comuns à espécie *Phaseolus vulgaris* L. (Fig. 8): a) tricoma simples, pluricelular, reto, formado por duas células basais curtas e uma célula terminal longa ou curta, que ocorre com mais freqüência na epiderme adaxial (Fig. 8 C); b) tricoma simples, pluricelular, com uma célula terminal curva, longa ou curta, também denominado uncinado (Font Quer 1979), encontrado nas duas epidermes, mas sempre em maior quantidade na abaxial (Fig. 8 A, D, E); c) tricoma glandular, pluricelular, capitado, curto, encontrado em ambas as epidermes e, mais freqüentemente, nas proximidades das nervuras (Fig. 8 A, B, E) (Doutt 1932, Metcalfe & Chalk 1950, Silva 1979).

Considerando as médias de densidade dos três tipos de tricomas em relação às diferentes cultivares, epiderme e região foliar, analisadas conjuntamente, nos três sistemas de cultivo, constataram-se os seguintes resultados: a densidade de tricomas retos e glandulares por mm² não diferiu significativamente entre as cultivares estudadas, no entanto, a de tricomas do tipo curvo (uncinado) diferiu na cv. C 101, sendo superior à da 'RT' e 'CR 1031' (Tabela 4). Este último resultado coincide com os de Steinmetz & Arny (1932) e de Johnson (1953), os quais observaram que as cultivares "anãs", de hábito de crescimento determinado, possuem densa pilosidade, enquanto as "trepadoras", de hábito indeterminado, são pouco pubescentes. Como a alta densidade de tricomas

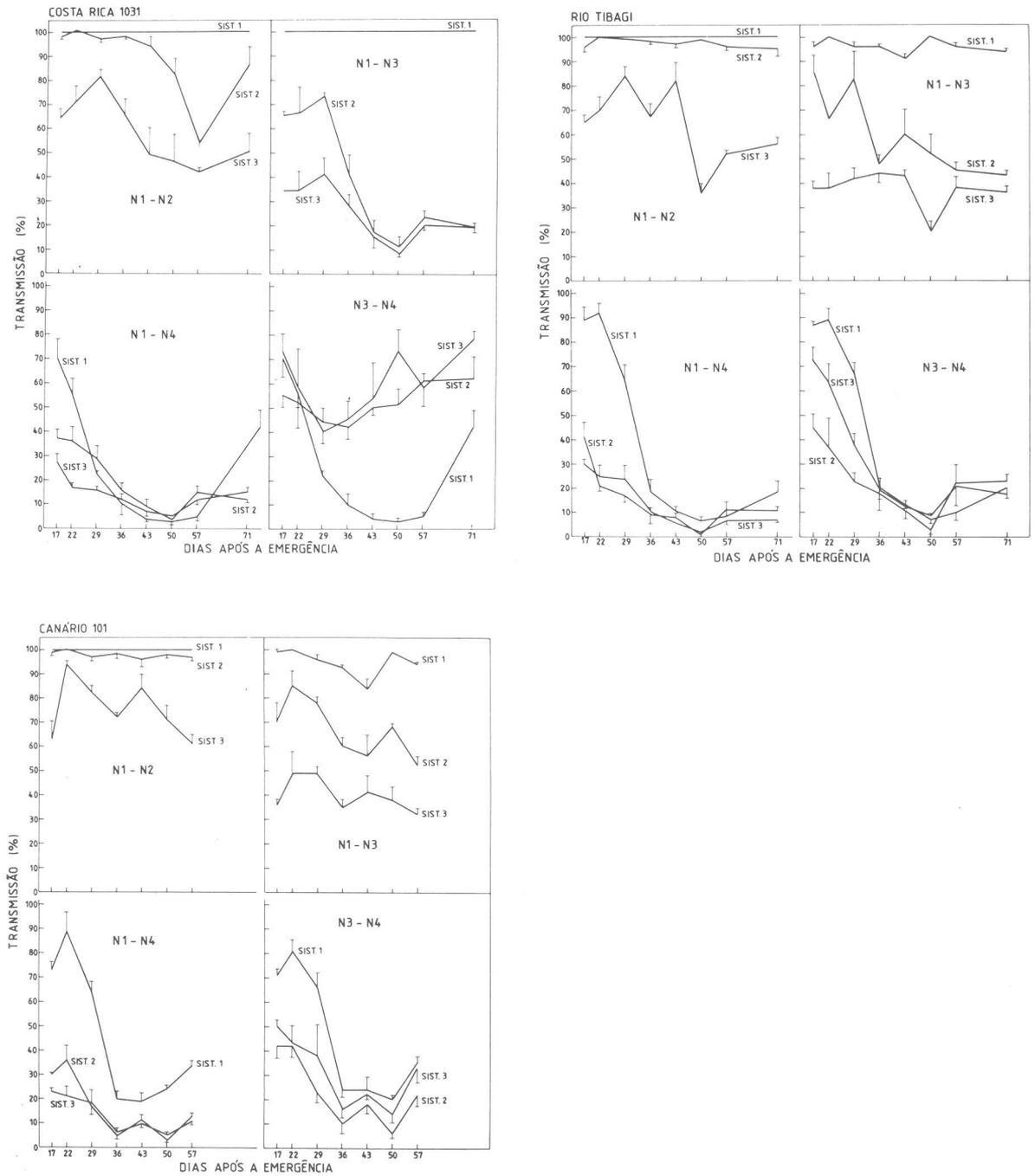


FIG. 5. Média da percentagem de luz (RFA) transmitida aos diferentes estratos das plantas de milho e feijão, em leituras realizadas em dois períodos diários, semanalmente, nas cvs. Costa Rica 1031, Rio Tibagi e Canário 101, em diferentes sistemas de cultivo. As linhas verticais indicam metade do desvio padrão.

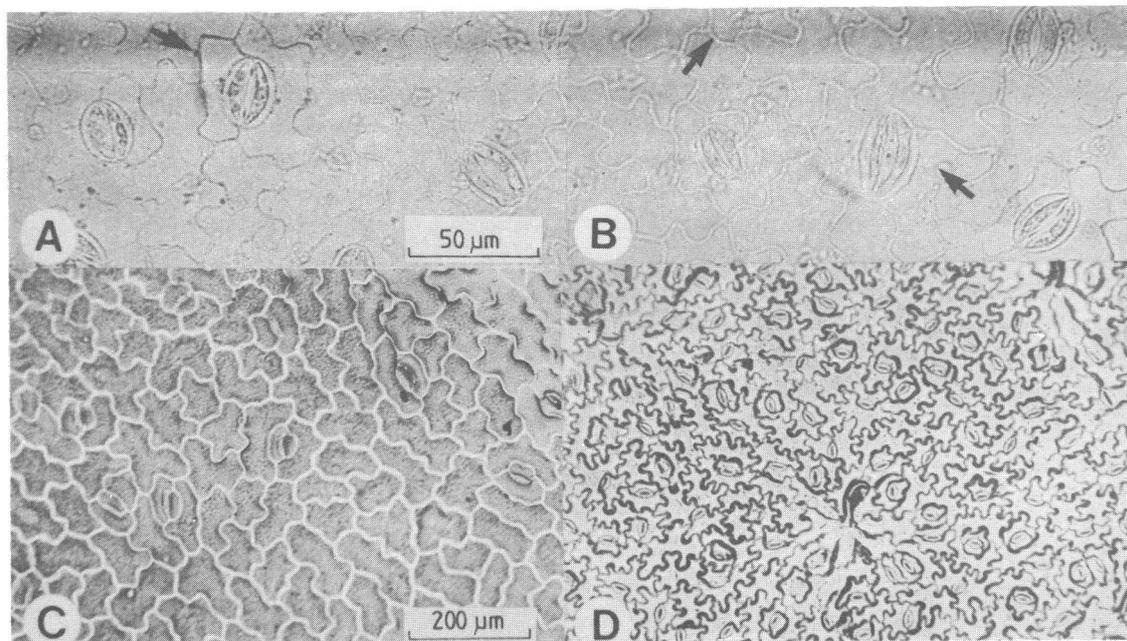


FIG. 6. Estômatos observados na folha de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).

A - B: Seções paradermicas da epiderme: (A) estômato paracítico. (B) estômatos com três e quatro células subsidiárias.

C - D: Densidade estomática: (C) epiderme adaxial. (D) epiderme abaxial.

TABELA 1. Média da densidade de estômatos (mm^{-2}) em folhas de cultivares de feijão.

Cultivar	Tipo ¹	Epiderme adaxial	Epiderme abaxial	Média das cultivares
Costa Rica 1031	IV	62,4 b ²	327,0 a	194,5 a
Rio Tibagi	II	91,3 a	288,0 b	189,5 ab
Canário 101	I	24,8 c	319,2 a	172,0 b

¹ Hábito de crescimento, segundo o CIAT 1981.

² As médias assinaladas com a mesma letra não diferem entre si significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, segundo o teste de Tukey.

seria uma característica relacionada com a redução da densidade populacional da cigarrinha e, conseqüentemente, com os danos causados por este inseto (Pillemer & Tingey 1978) e também por afídeos e predadores (Johnson 1953) à folha de feijoeiro, Canário 101 poderá ser uma cultivar que apresente dificuldades ao desenvolvimento de ninfas, em decorrência deste mecanismo de defesa representado pelos tricomas curvos.

Em relação à epiderme da folha, a média da densidade dos três tipos de tricomas diferiu significativamente: a dos tricomas retos foi superior na epiderme adaxial, enquanto que a dos curvos e glandulares foi maior na abaxial (Tabela 5). Os resultados em relação aos tricomas curvos coincidem com os de Johnson (1953).

Quanto à relação epiderme - região foliar, a média da densidade de tricomas retos por mm^{-2} da

TABELA 2. Média¹ da densidade de estômatos (mm²) nas regiões da folha de cultivares de feijão.

Cultivar	Tipo ²	Regiões da folha		
		Apical	Mediana	Basal
Costa Rica 1031	IV	191,1	198,5	194,0
Rio Tibagi	II	189,0	194,3	185,3
Canário 101	I	174,2	178,0	163,7
Médias das cultivares		184,8	190,3	181,0

¹ Considerando as epidermes adaxial e abaxial.

² Hábito de crescimento, segundo o CIAT 1981.

epiderme adaxial foi maior na região apical e diferiu das regiões mediana e basal, nas três cultivares.

Na epiderme abaxial, a média foi maior na região basal, ao contrário da adaxial, mas não diferiu significativamente das demais regiões (Tabela 6). Em relação à densidade de tricomas curvos, a interação cultivar x epiderme x região da folha não foi significativa. Entretanto, analisando as médias dessas variáveis (Tabela 7), observa-se que na epiderme adaxial a cv. C 101 apresentou maior densidade na região basal, enquanto que 'RT' e 'CR 1031', na região mediana; na epiderme abaxial, entretanto, as três cultivares apresentaram maior número de tricomas curvos na região apical da

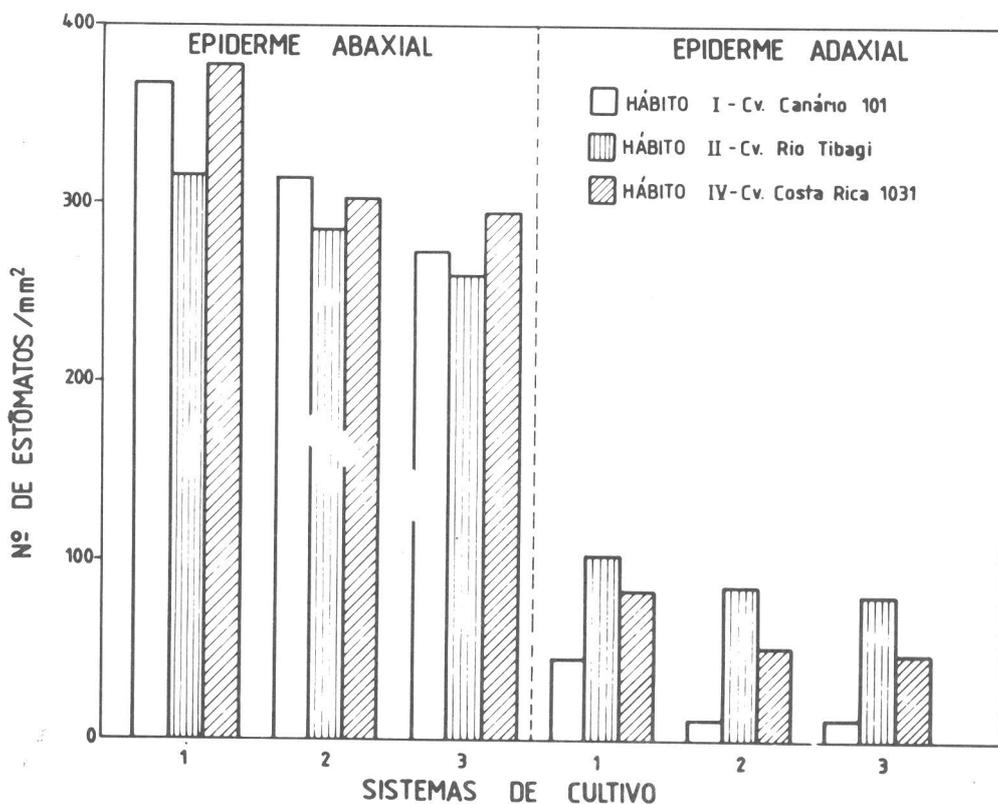


FIG. 7. Média da densidade de estômatos (mm²) nas folhas de cultivares de feijão, em relação à epiderme foliar e aos sistemas de cultivo.

TABELA 3. Média¹ da densidade estomática (mm²) na folha de feijoeiro em relação à epiderme e aos sistemas de cultivo².

Sistema	Epiderme	
	Adaxial	Abaxial
1	79,0 a ³	354,0 a
2	51,2 b	302,5 c
3	48,4 b	277,0 b

¹ Considerando as cultivares Costa Rica 1031, Rio Tibagi e Canário 101.

² Sistemas de cultivo:

- 1 - feijoeiro com milho seco cortado a 10 cm do solo.
- 2 - feijoeiro com milho seco dobrado à altura da primeira espiga.
- 3 - feijoeiro com milho seco em pé.

³ As médias assinaladas com a mesma letra não diferem entre si significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, segundo o teste de Tukey.

folha. Esses últimos resultados diferem dos encontrados por Silva & Anderson (1985) em uma cultivar de hábito determinado, que apresentou aumento no número de tricomas curvos na região basal da epiderme abaxial da folha. A densidade de tricomas glandulares, por sua vez, não variou significativamente nas regiões basal, mediana e apical das epidermes adaxial e abaxial das folhas das cultivares de feijão estudadas.

Considerando os sistemas de cultivo, a densidade de tricomas curvos na epiderme adaxial das folhas das três cultivares não foi influenciada pelas quantidades de luz disponíveis. Entretanto, na epiderme abaxial das folhas da cv. C 101 a densidade desses tricomas foi maior no sistema 1, mais reduzida no 2 e menor no 3, respondendo, pois, diferentemente às diferentes quantidades de radiação (Fig. 9). As demais cultivares não apresentaram o mesmo comportamento.

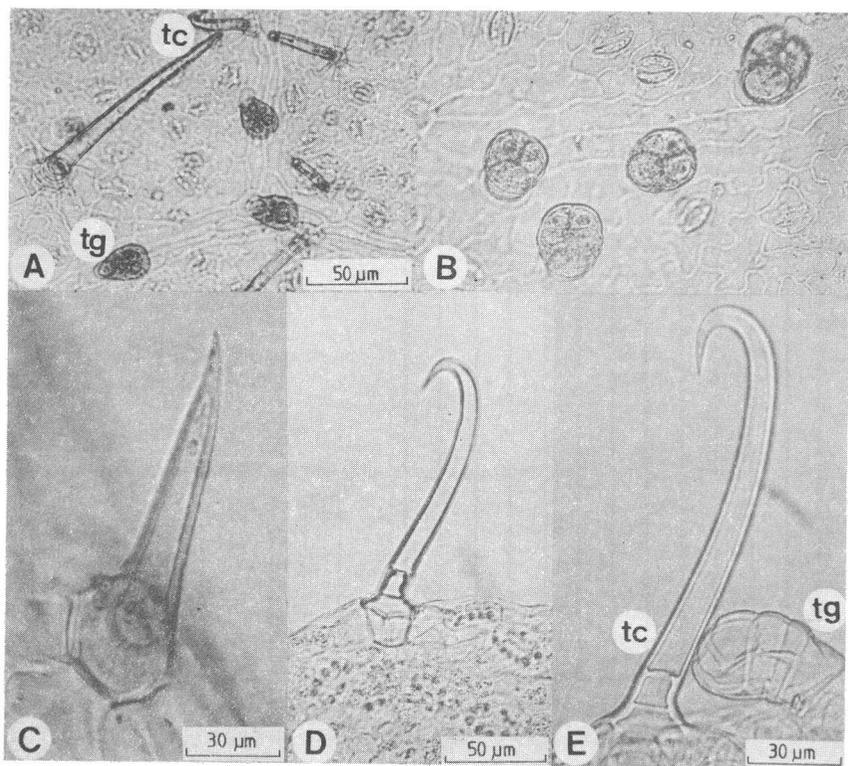


FIG. 8. Tricomas observados em folhas de feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.).

A - C: Seções paradermicas da epiderme: (A) tricoma curvo (tc) e tricoma glandular (tg) da epiderme abaxial. (B) tricomas glandulares da epiderme adaxial. (C) tricoma reto.

D - E: Seções transversais da lâmina: (D) tricoma curvo. (E) tricoma curvo (tc) e tricoma glandular (tg).

TABELA 4. Média da densidade de tricomas curvos¹ (mm²) na folha de feijoeiro.

Cultivar	Tipo ²	Número de tricomas curvos
Canário 101	I	23,8 a ³
Tio Tibagi	II	9,2 b
Costa Rica 1031	IV	9,0 b

¹ Considerando as epidermes adaxial e abaxial.

² Hábito de crescimento, segundo o CIAT 1981.

³ As médias assinaladas com a mesma letra não diferem entre si significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, segundo o teste de Tukey.

TABELA 5. Média da densidade de tricomas¹ (mm²) nas epidermes foliares de feijoeiro.

Epiderme	Tricoma		
	Reto	Curvo	Glandular
Adaxial	1,4	4,8	4,0
Abaxial	0,9	24,0	4,8

¹ Considerando as cultivares Costa Rica 1031, Rio Tibagi e Canário 101.

TABELA 6. Média da densidade de tricomas retos¹ (mm²) em relação à epiderme e região da folha de feijoeiro.

Região	Epiderme	
	Adaxial	Abaxial
Apical	2,7 a ²	0,5 b
Mediana	0,9 b	0,8 a
Basal	0,7 b	1,5 ab

¹ Considerando as cultivares Costa Rica 1031, Rio Tibagi e Canário 101.

² As médias assinaladas com a mesma letra não diferem entre si significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, segundo o teste de Tukey.

Analisando a média total das cultivares estudadas, considerando as duas epidermes, constatou-se que somente a cv. C 101 apresentou diferenças significativas entre os sistemas 1 e 3 (Tabela 8);

as demais cultivares não mostraram diferenças significativas entre os três sistemas, e as maiores e menores médias de densidade desses tricomas não corresponderam aos sistemas 1 e 3, respectivamente, como se esperava, segundo a literatura (Cutter 1971, Silva & Anderson 1985, Smith & Nobel 1978, Black 1954). Os resultados apresentados pela cv. C 101 estão de acordo com os de Silva & Anderson (1985), que observaram aumento no número de tricomas curvos nos tratamentos com níveis mais altos de luz a que foi submetida uma cultivar de hábito de crescimento semelhante ao da 'C 101'.

As folhas sob alta radiação são mais pubescentes e, conseqüentemente, possuem menor absorvância da radiação solar, protegendo-se da radiação excessiva (Smith & Nobel 1978). Os tricomas têm a capacidade de refletir a radiação fotossinteticamente ativa (RFA), não impedindo, porém, a absorção da quantidade necessária à realização da fotossíntese. Considerando este aspecto, e através dos resultados obtidos, a cv. C 101 poderia ser uma cultivar com capacidade de manter inalterado o seu processo de fotossíntese sob condições de alta radiação ou de sombreamento, pois apresenta plasticidade em relação à pubescência da folha, embora esta característica esteja relacionada somente com a freqüência de tricomas curvos. As cvs. CR 1031 e RT foram menos plásticas em relação a este tipo de pubescência.

Quanto à densidade de tricomas retos, as cvs. C 101, RT e CR 1031 não diferiram significativamente nos três sistemas de cultivo, fazendo supor que as diferentes quantidades de radiação não influenciaram a densidade desses tricomas nas folhas dessas cultivares. Os tricomas glandulares, entretanto, apresentaram, na epiderme adaxial das folhas das cvs. RT e CR 1031, maior densidade no sistema 1, e menor, nos sistemas 2 e 3; em 'C 101', porém, ocorreu o contrário: maior densidade nos sistemas 2 e 3, e menor, no sistema 1. Em relação à epiderme abaxial, as três cultivares responderam diferentemente às quantidades de radiação disponíveis, apresentando maior densidade de tricomas glandulares no sistema 1, decrescendo nos sistemas sombreados 2 e 3 (Fig. 10).

TABELA 7. Média da densidade de tricomas curvos (mm^2) em relação à epiderme e à região da folha de cultivares de feijão.

Cultivar	Tipo ¹	Epiderme adaxial			Epiderme abaxial		
		Apical	Mediana	Basal	Apical	Mediana	Basal
Canário 101	I	5,3	6,6	7,7	42,7	42,1	38,4
Rio Tibagi	II	0,7	3,1	3,0	17,0	15,2	16,0
Costa Rica 1031	IV	2,6	4,2	3,6	17,7	14,6	14,2

¹ Hábito de crescimento, segundo o CIAT 1981.

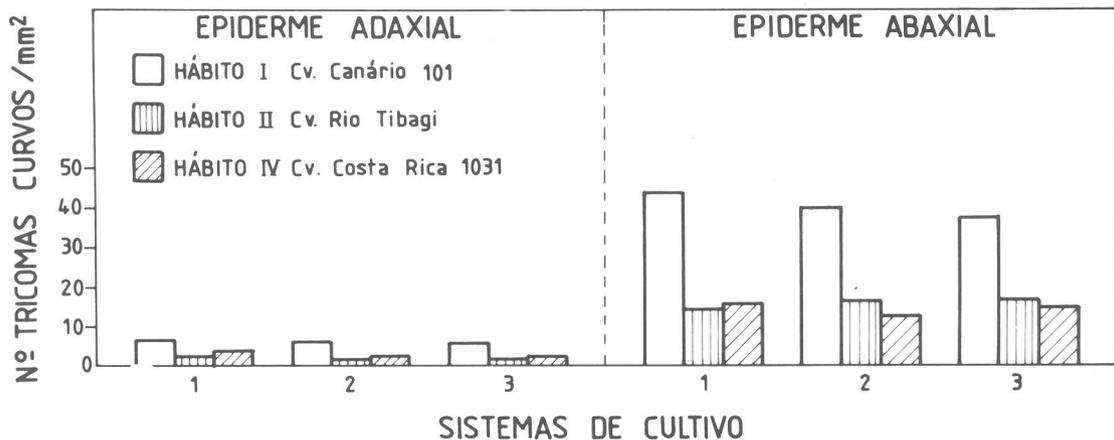


FIG. 9. Média da densidade de tricomas curvos (mm^2) nas folhas de cultivares de feijão, em relação à epiderme foliar e aos sistemas de cultivo.

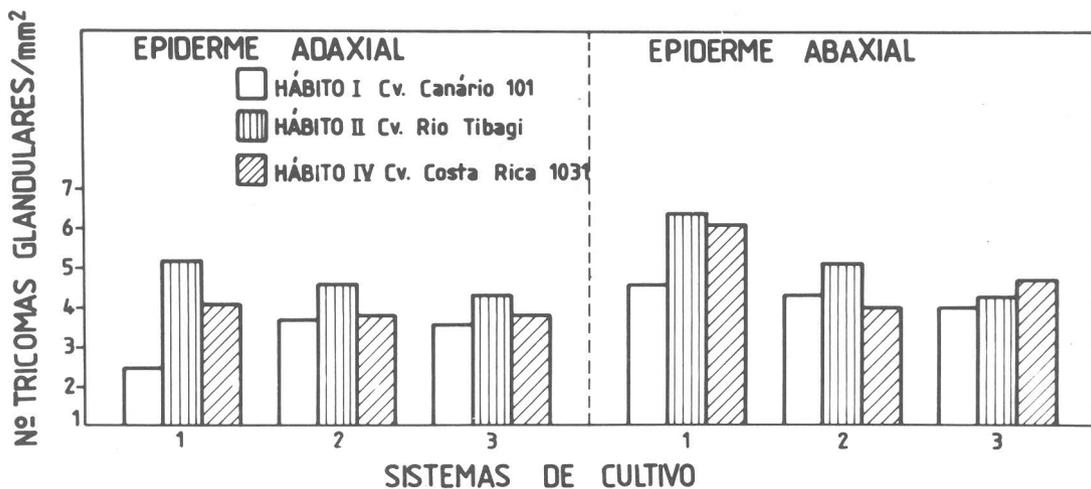


FIG. 10. Média da densidade de tricomas glandulares (mm^2) nas folhas de cultivares de feijão, em relação à epiderme foliar e aos sistemas de cultivo.

TABELA 8. Média da densidade de tricomas curvos¹ (mm²) das folhas de cultivares de feijão, nos diferentes sistemas de cultivo².

Sistema	Cultivar		
	Canário 101	Rio Tibagi	Costa Rica 1031
1	25,5 a ³	8,7 a	10,0 a
2	23,7 ab	9,4 a	8,1 a
3	22,1 b	9,4 a	9,0 a

¹ Considerando as epidermes adaxial e abaxial.

² Sistemas de cultivos:

- 1 - feijoeiro com milho seco cortado a 10 cm do solo.
- 2 - feijoeiro com milho seco dobrado à altura da primeira espiga.
- 3 - feijoeiro com milho seco em pé.

³ As médias assinaladas com a mesma letra não diferem entre si significativamente, ao nível de 5% de probabilidade, segundo o teste de Tukey.

Não foram encontradas referências que permitam afirmar que a densidade dos tricomas do tipo curvo e glandular seja um caráter pouco influenciado pelo ambiente, o que os resultados obtidos fazem supor. São necessários outros estudos, como por exemplo, de genética, ontogenia e desenvolvimento e fisiologia, para que se possa explicar esta questão.

CONCLUSÕES

1. Os sistemas de cultivo com milho seco dobrado e em pé, juntamente com o sombreamento intra e entre plantas de feijão, reduziram a disponibilidade total de radiação, nas três cultivares.

2. A densidade estomática nas epidermes foliares das cultivares Canário 101, Rio Tibagi e Costa Rica 1031 sofreu a influência da radiação disponível, resultante dos sistemas de cultivo utilizados, aumentando sob radiação e reduzindo sob sombreamento.

3. Considerando, conjuntamente, os três sistemas de cultivo, a densidade estomática foi maior na epiderme abaxial, apresentando uma tendência a ser maior na região mediana e menor na região basal das folhas.

4. A densidade de tricomas do tipo curvo e glandular, na epiderme abaxial, foi mais afetada pela radiação disponível do que na epiderme adaxial.

5. As diferentes quantidades de radiação não afetaram a densidade de tricomas retos nas epidermes foliares das cultivares estudadas.

6. A cultivar Canário 101, de hábito de crescimento determinado, apresentou mais plasticidade em relação à densidade de tricomas do tipo curvo do que as cultivares de hábito indeterminado, Rio Tibagi e Costa Rica 1031.

REFERÊNCIAS

- BLACK, R.F. The leaf anatomy of australian members of the genus *Atriplex*. I. *Atriplex vesicaria* Heward and *A. nummularia* Lind. *Aust. J. Bot.*, 2:269-86, 1954.
- CENTRO INTERNACIONAL DE AGRICULTURA TROPICAL, Cali, Colombia. **Morfología de la planta de frijol común** (*Phaseolus vulgaris* L.); guía de estudio. 2. ed. Cali, 1981. 50p. (04S B-09-01)
- CIHA, A.J. & BRUN, W.A. Stomatal size and frequency in soybeans. *Crop Sci.*, 15:309-13, 1975.
- COLE, D.F. & DOBRENZ, A.K. Stomate density of alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Crop Sci.* 10:61-3, 1970.
- COOPER, C.S. & QUALLS, M. Morphology and chlorophyll content of shade and sun leaves of two legumes. *Crop Sci.*, 7:672-3, 1967.
- CROOKSTON, R.K.; TREHARNE, K.J.; LUDFORD, P.; OZBUN, J.L. Response of beans to shading. *Crop Sci.*, 15:412-6, 1975.
- CUTTER, E.G. **Plant anatomy**; experiment and interpretation. London, E. Arnold, 1971. part. 2, 343p.
- DOUTT, M.T. **Anatomy of *Phaseolus vulgaris* L. var. Black Valentine**. East Lansing, Michigan State College, 1932. 21p. (Technical Bulletin, 128)
- ESAU, K. **Plant anatomy**. New York, John Wiley, 1965. 767p.
- FLOOR-DREES, E.M. Number of stomata on the adaxial and abaxial leaf surface of *Phaseolus vulgaris* L. and *Phaseolus acutifolius* A. Gray. *Annu. Rep. Bean Improvem. Cooperat.*, 27:139-40, 1984.
- FONT QUER, R. **Diccionario de botánica**. Barcelona, Labor, 1979. 1244p.
- FREITAS, F.G.; MOTHCI, E.P.; SANTOS, H.G.; POTTER, R.O. **Levantamento de solos do Posto Agropecuário e da Fazenda Capivara, Goiás**. Rio de Janeiro, EMBRAPA-SNLCs, 1975. 65p.
- GUPTA, B. Correlation of tissues in leaves. 2. Absolute stomatal numbers. *Ann. Bot.*, 25:71-7, 1961.

- JOHNSON, B. The injurious effects of the hooked epidermal hairs, of french beans. (*Phaseolus vulgaris* L.) on *Aphis craccivora* Hoch. *Bull. Entomol. Res.*, 44:779-88, 1953.
- KNECHT, G.N. & O'LEARY, J.W. The effect of light intensity on stomate number and density of *Phaseolus vulgaris* L. leaves. *Bot. Gaz.*, 133:132-4, 1972.
- LABOURIAU, L.G.; OLIVEIRA, J.D.; LABOURIAU, M.L.S. Transpiração de *Schizolobium parayba* (Vell.) Toledo. *An. Acad. Bras. Ci.*, 33:237-58, 1961.
- MAYA, C.A. & KOHASHI-SHIBATA, J.B. Distribución de estomas en la primera hoja de plántulas de cuatro razas de maíz. *Agrociencia*, 24:3-22, 1976.
- METCALFE, C.R. & CHALK, L. *Anatomy of the dicotyledons*. Oxford, Clarendon, 1950. v. 1, 724p.
- MISKIN, K.E. & RASMUSSEN, D.C. Frequency and distribution of stomata in barley. *Crop Sci.*, 10:575-8, 1970.
- PILLEMER, E.A. & TINGEY, W.M. Hooked trichomes and resistance of *Phaseolus vulgaris* to *Empoasca fabae* (Harris). *Entomol. Exp. Appl.*, 24:83-94, 1978.
- RIZZINI, C.T. *Tratado de fitogeografia do Brasil; aspectos econômicos*. São Paulo, HUCITEC-EDUSP, 1976. v. 1, 327p.
- RODELLA, R.A. *Características da anatomia foliar, arquitetura da planta e fenologia de cultivares de Sorghum bicolor (L.) Moench*. Jaboticabal, UNESP - FCAV, 1980. 150p. Tese Mestrado.
- SAMPSON, J. A method of replicating dry or moist surface for examination by light microscopy. *Nature*, 191:932-3, 1961.
- SAPRA, V.T.; HUGHES, J.L.; SHARMA, G.C. Frequency, size, and distribution of stomata in triticale leaves. *Crop Sci.*, 15:356-8, 1975.
- SHEARMAN, R.C. & BEARD, J.B. Stomatal density and distribution in *Agrostis* as influenced by species, cultivar, and leaf blade surface and position. *Crop Sci.*, 12:822-3, 1972.
- SILVA, E.A.M. da. *Developmental anatomy of Phaseolus vulgaris L. 'Bush Blue Lake 290' with special consideration of light influence on leaf development*. Raleigh, North Carolina State University, 1979. 72p. Tese Mestrado.
- SILVA, H.T. da. *Caracterização morfológica, agrônômica e fenológica de cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.) comumente plantadas em diversas regiões do Brasil*. Goiânia, EMBRAPA-CNPAP, 1981. 51p. (EMBRAPA-CNPAP. Circular Técnica, 15)
- SILVA, E.A.M. da & ANDERSON, C.E. Influência da luz no desenvolvimento foliar do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.). *R. Ceres*, 32:1-11, 1985.
- SMITH, W.K. & NOBEL, P.S. Influence of irradiation, soil, water potential, and leaf temperature on leaf morphology of a desert broad leaf, *Encelia farinosa* Gray (*Compositae*). *Am. J. Bot.*, 65:429-32, 1978.
- STEINMETZ, F.H. & ARNY, A.C. A classification of the varieties of field beans, *Phaseolus vulgaris*. *J. Agric. Res.*, 45:50, 1932.
- SOUZA, E.C.G. *Estudo organográfico e anatômico de espécies do gênero Crotalaria L. (Leguminosae) em três estádios do desenvolvimento vegetativo*. Rio Claro, UNESP-Instituto de Biociências, 1985. 138p. Tese Mestrado.
- TEARE, I.D.; PETERSON, C.J.; LAW, A.G. Size and frequency of leaf stomata in cultivars of *Triticum aestivum* and other *Triticum* species. *Crop Sci.*, 11:496-8, 1971.
- VOLKENBURGH, E. van. & DAVIES, W.J. Leaf anatomy and water relations of plants grown in controlled environments and in the field. *Crop Sci.*, 17:353-8, 1977.