

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM FISILOGIA VEGETAL



TESE

**CRESCIMENTO E FOTOSSÍNTESE EM *Capsicum*
baccatum L. E *Capsicum frutescens* L.**

FLÁVIA ANGELO BEDUHN

PELOTAS, 2010

FLÁVIA ANGELO BEDUHN

CRESCIMENTO E FOTOSSÍNTESE EM *Capsicum baccatum* L.
E *Capsicum frutescens* L.

Tese apresentada à Universidade Federal de Pelotas, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Fisiologia Vegetal, para obtenção do título de Doutor em Ciências.

Orientador: Dr. Marcos Antonio Bacarin
Co-orientador(a): Eugenia Jacira Bolacel Braga

PELOTAS, 2010

BANCA EXAMINADORA:

Prof. Dr. Marcos Antonio Bacarin
Universidade Federal de Pelotas

Prof^a. Dr^a. Diolina Moura Silva
Universidade Federal do Espírito Santo

Pesquisadora Dr^a. Rosa Lia Barbieri
Embrapa Clima Temperado

Prof. Dr. Sidnei Deuner
Universidade Federal de Pelotas

Ao meu esposo

Cleiton e

aos meus filhos

Pedro e *Mariana*,

com amor e carinho,

dedico.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela força e coragem concebida durante mais este desafio, o qual oportunizou a subida de mais um degrau na evolução de minha vida.

À minha família pela compreensão, atenção e paciência em todos os momentos.

Ao professor Marcos Antonio Bacarin pela orientação, confiança e amizade, e outros tantos atributos, pelas quais as palavras são muito pouco para expressar minha eterna gratidão.

À professora Eugenia Jacira Bolacel Braga pelos conhecimentos transmitidos e conselhos ao longo do curso.

Aos meus colegas e amigos Daniela Cassol, Antelmo Ralph Falqueto e Fábio Sérgio Paulino da Silva pelo precioso auxílio em minha pesquisa e pela agradável convivência.

Aos colegas e amigos do curso de pós-graduação pelo apoio e incentivo através de relatos de suas “experiências”, as quais sempre serviram de exemplo de alguma forma.

Aos professores e funcionários do curso de pós-graduação pelo aprendizado, auxílio e amizade.

À Universidade Federal de Pelotas pela oportunidade da realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pela concessão da bolsa de estudos.

BIOGRAFIA

FLÁVIA ANGELO BEDUHN, filha de Jair Beduhn e Elena Angelo, nasceu em Pelotas-RS, aos trinta dias do mês de abril de 1976. Coursou o ensino fundamental e médio em Pelotas-RS. Ingressou na Universidade Federal de Pelotas-RS em 1995, e diplomou-se Bacharel e Licenciada em Ciências Biológicas em 2001. Durante a graduação, de setembro de 1998 a dezembro de 2000, atuou como monitora da disciplina de Botânica, no Departamento de Botânica, da Universidade Federal de Pelotas. Lecionou a disciplina de Botânica, no Departamento de Botânica, da Universidade Federal de Pelotas, em março de 2001 a novembro de 2002. Ingressou no Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal em dezembro de 2002, e diplomou-se Mestre em Ciências em novembro de 2005. Iniciou o curso do Programa de Pós-graduação em Fisiologia Vegetal em março de 2006. Concomitantemente, em agosto de 2006 a agosto de 2008, lecionou a disciplina de Morfologia de Fanerógamas e Sistemática de Fanerógamas, no Departamento de Botânica, da Universidade Federal de Pelotas.

SUMÁRIO

	Página
Resumo	viii
Abstract	x
Introdução Geral	1
Referências	4
Revisão de literatura	6
Referências	13
Artigo 1 – Crescimento em duas espécies de pimenta do gênero <i>Capsicum</i>	17
Artigo 2 – Desempenho fotossintético de duas espécies de pimenta do gênero <i>Capsicum</i>	35
Considerações finais	54

RESUMO

BEDUHN, Flávia Angelo, D.S., Universidade Federal de Pelotas, abril de 2010. **Crescimento e fotossíntese em *Capsicum baccatum* L. e *Capsicum frutescens* L.** Professor Orientador: Dr. Marcos Antonio Bacarin, Co-orientadora: Dra. Eugenia Jacira Bolacel Braga.

Neste estudo foram avaliadas características de crescimento e fotossintéticas de duas espécies de pimenta, conhecidas como pimenta chapéu-de-frade (*Capsicum baccatum* L. var. *pendulum* (Wild.) Eshbaugh) e pimenta malagueta (*C. frutescens* L.). Foram semeadas e cultivadas em casa-de-vegetação durante um ciclo de vida completo, e apresentaram mesmo comportamento quanto ao período de florescimento e frutificação. As plantas de *C. baccatum* apresentaram máximo crescimento aos 168 dias após o transplântio (DAT), porém em *C. frutescens* houve dois picos de desenvolvimento, o primeiro aos 105 DAT, e o segundo aos 168 DAT. A área foliar foi a variável que mais contribuiu para este crescimento, causando um aumento significativo de biomassa. A área máxima das folhas foi atingida no mesmo período para ambas as espécies, porém de formas distintas. O crescimento dos frutos nas duas espécies ocorreu inicialmente através do aumento do diâmetro, e após 42 dias desenvolveram o comprimento. Os órgãos de maior translocação de assimilados foram as folhas, seguidos das raízes, caule e frutos. Quanto às características fotossintéticas, observou-se que a eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (F_V/F_M) em ambas as espécies não sofreu danos fotoinibitórios, e houve um declínio aos 189 DAT, juntamente com a eficiência

fotoquímica efetiva do fotossistema II (F_V'/F_M') e a produção quântica efetiva do fotossistema II (Φ_{PS2}), causado pela senescência das folhas, caracterizando o final do ciclo. O conteúdo de clorofila apresentou-se maior em *C. frutescens* e não diferiu significativamente ao longo do ciclo, diferentemente de *C. baccatum*. Em relação ao coeficiente de extinção fotoquímico (qP) e a taxa fotossintética potencial, *C. frutescens* apresentou o maior valor em duas fases distintas. Portanto, as plantas de *C. frutescens* apresentaram maior aproveitamento da energia luminosa devido ao maior aparato fotossintético, atribuídos a área foliar e ao conteúdo de clorofilas, os quais proporcionaram maior quantidade de fotoassimilados para o crescimento.

ABSTRACT

BEDUHN, Flávia Angelo, D.S., Federal University of Pelotas, April, 2010. **Growth and photosynthesis in *Capsicum baccatum* L. and *Capsicum frutescens* L.** Advisor: Dr. Marcos Antonio Bacarin, Co-advisor: Dr. Eugenia Jacira Bolacel Braga.

In this study, growth and photosynthetic characteristics from two pepper species known as chapéu-de-frade pepper (*Capsicum baccatum* L. var. *pendulum* (Wild.) Esbaugh) and malagueta pepper (*C. frutescens* L.) were evaluated. They were both sown and grown in a greenhouse during a full life cycle, and both of them presented the same behavior regarding flowering and fruiting periods. Chapéu-de-frade pepper plants showed maximum growth at 168 days after transplanting (DAT). *C. frutescens* plants, though, had two development peaks: the first at 105 DAT and the second at 168 DAT. Leaf area was the most significant variable contributing to that growth, causing considerable increase of biomass. The maximum leaf area either for chapéu-de-frade pepper or *C. frutescens* was achieved at the same period, though in different ways. Fruit growth in both species happened first through diameter increase and after 42 days length developed. Organs with highest translocation of assimilates were leaves, followed by roots, stem and fruits. Regarding photosynthetic characteristics, it was observed in both species that the maximum photochemical efficiency of photosystem II (F_V/F_M) did not suffer photoinhibition damages. It declined at 189 DAT along with the effective photochemical

efficiency of photosystem II (F_V'/F_M') and its effective quantum yield (Φ_{PS2}), caused by leaf's senescence, characterizing the cycle's end. Chlorophyll measures showed to be higher in *C. frutescens* and didn't alter meaningfully during the cycle, differently from chapéu-de-frade pepper. Relating photochemical quenching coefficients (qP) and potential photosynthetic rate, *C. frutescens* pepper presented the highest values in two distinct phases. Therefore, *C. frutescens* plants presented higher use of light's energy due to its bigger photosynthetic apparatus attributed to leaf area and chlorophyll content, which proportioned higher photoassimilates quantities for growth.

INTRODUÇÃO GERAL

Os vegetais são importantes fontes de produtos químicos, dentre os compostos químicos de interesse comercial, estão os metabólitos secundários, pois estes produtos naturais são mais eficientes que os sintéticos, não apresentando efeitos colaterais e podendo ser utilizados como terapia alternativa (MANTEL et al., 1985; MONTANARI Jr., 2003).

Os compostos secundários são produzidos pelas plantas como consequência da diferenciação das várias fases de desenvolvimento das células, órgãos e tecidos, muitos destes estádios são quimicamente complexos (MANTEL et al., 1985).

As pimentas (*Capsicum* spp.) atualmente dominam o comércio das especiarias picantes, e apesar de ocorrerem mais de 20 espécies diferentes do gênero no País, pouco se conhece sobre a fisiologia delas, bem como a exploração de suas potencialidades é incipiente.

Os registros mais antigos do consumo de pimentas datam de aproximadamente 9 mil anos, resultado de explorações arqueológicas em Tehuacán, no México (REIFSCHNEIDER, 2000). Dentre as dezenas de espécies de *Capsicum* encontradas e descritas, apenas cinco são aceitas como cultivadas: *C. annuum* (pimentão), *C. baccatum* (pimenta dedo-de-moça, pimenta chapéu-de-frade), *C. chnense* (pimenta-de-cheiro, pimenta-de-bode), *C. frutescens* (pimenta malagueta) e *C. pubescens* (pimenta rocotos), as quais apresentam a possibilidade de troca de genes de forma natural.

O sabor dos frutos é muito conhecido na gastronomia por realçar alimentos como molhos, geléias, doces, bolos e sucos (MADAIL et al., 2005). Na terapêutica, via oral, são estimulantes do apetite e auxiliares da digestão, e o extrato dos frutos tem ação protetora gástrica. Seus constituintes bioquímicos quando em proporções adequadas na dieta, são capazes de assegurar a manutenção das funções vitais do organismo, suprimindo as necessidades de produção de energia, de elaboração e manutenção tecidual, e de equilíbrio biológico. A pungência ou picância deve-se aos alcalóides, ou mais especificamente, a dois capsaicinóides: a diidrocapsaicina e a capsaicina, para qual foi descrita a atividade anticoagulante *in vitro* (REIFSCHNEIDER, 2000). Os frutos são fontes importantes de três antioxidantes naturais: a vitamina C, os carotenóides (capsantina, alfa caroteno, violaxantina) e a vitamina E, prevenindo doenças degenerativas como o câncer, as doenças cardiovasculares, a catarata, o mal-de-Parkinson e o mal-de-Alzheimer, por seqüestrarem radicais livres (REIFSCHNEIDER, 2000; LORENZI; MATOS, 2002). Também possuem flavonóides (apiina e luteolina glicosilada) e vitaminas A, B₁, B₂. O uso tópico tem efeito analgésico em inflamações osteoarticulares, espasmos musculares e nevralgias (LORENZI; MATOS, 2002).

Afora o uso na alimentação, medicina natural, produção de cosméticos e como plantas ornamentais, a pimenta ainda é elemento importante na confecção do “spray de pimenta”, o qual é muito utilizado no mundo inteiro como instrumento de defesa (MADAIL et al., 2005).

O aumento da produtividade vegetal é determinado pela capacidade das plantas em produzir fotoassimilados, portanto, a maneira como a matéria seca é distribuída ao longo do ciclo de vida é um parâmetro importante para compreender a translocação orgânica em resposta à produção de uma cultura (BENINCASA, 2003).

A análise de crescimento permite descrever e interpretar o desempenho de diferentes espécies crescendo em ambientes naturais ou controlados (HUNT, 1990). Os índices determinados neste procedimento indicam a capacidade do sistema assimilatório das plantas em sintetizar (fonte) e alocar a matéria orgânica nos diversos órgãos (drenos) que dependem da fotossíntese, respiração e translocação de fotoassimilados dos sítios de fixação

de carbono aos locais de utilização ou armazenamento, onde ocorrem o crescimento e a diferenciação de órgãos (FONTES et al., 2005).

O aumento da capacidade fotossintética tem sido intensamente considerado, uma vez que a fotossíntese é o processo inicial para a produção de biomassa (JIANG et al., 2000). Neste contexto, a determinação do conteúdo de pigmentos foliares representa uma importante ferramenta de avaliação, quer seja para a caracterização de material, ou para a distinção entre tratamentos ou interação entre plantas e fatores ambientais (LAMBERS et al., 1998).

A luz absorvida pelos fotossistemas pode ser utilizada para as reações fotossintéticas ou dissipada por alguns mecanismos, tais como a transferência de energia entre pigmentos, a liberação de energia na forma de calor e a emissão de fluorescência (KRAUSE; WEIS, 1991). A eficiência de absorção da energia luminosa esta associada à capacidade produtiva da espécie, a qual pode ser medida por meio da produção da fluorescência da clorofila *a* (JIANG et al., 2002).

A fluorescência das clorofilas tem sido objeto de estudo em várias espécies, tais como soja (BRAGA et al., 2006; BERNAL et al., 2007), feijão (ZANANDREA et al., 2006), batata (BACARIN et al., 2008), mamão (REIS et al., 2008), repolho (JALINK et al., 1998), tomate (AZEVEDO, 2009); e tem permitido a aquisição de importantes informações à cerca dos processos de dissipação fotoquímica e não-fotoquímica de energia de excitação que ocorrem nas membranas dos tilacóides em presença de luz (KRAUSE; WEIS, 1991; ROHÁČEK, 2002). Esta técnica demonstra ser de grande utilidade na determinação das características fotossintéticas, principalmente quanto a eficiência de aproveitamento da energia luminosa no processo fotoquímico da fotossíntese, de diferentes culturas, as quais possibilitam a seleção de plantas com maior produtividade (JIANG et al., 2002; WANG et al., 2005; KUMAGAI et al., 2007).

Este trabalho teve por objetivo investigar as características fotossintéticas e de crescimento em duas espécies de pimenta, visando descrever as relações entre a produtividade e a eficiência de absorção de energia de excitação ao longo da ontogenia destas espécies.

REFERÊNCIAS

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas, noções básicas**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

FONTES, P.C.R.; DIAS, E.N.; SILVA, D.J.H. Dinâmica do crescimento, distribuição de matéria seca na planta e produção de pimentão em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.23, n.1, p.94-99, 2005.

HUNT, R. **Basic growth analysis**. London: Unwin Hyman, 1990. 112p.

JIANG, H.; WANG, X.H.; DENG, Q.Y.; YUAN, L.P; XU, D.Q. Comparison some photosynthetic characters between two hybrid rice combinations differing in yield potential. **Photosynthetica**, Prague, v. 40, n.1, p. 133-137, 2002.

JIANG, H.; XU, D.Q. Physiological basis of the difference in net photosynthetic rate of leaves between two maize strains. **Photosynthetica**, Prague, v. 38, n.2, p. 199-204, 2000.

KRAUSE, G.H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basic. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.42, p.313-349, 1991.

LORENZI, H. & MATOS, F.J.A. **Plantas Medicinais do Brasil**. Instituto Plantarum de Estudos da Flora LTDA. Nova Odessa, São Paulo, p.543, 2002.

MADAIL, J.C.M.; SCHNIED, L.F., SIMA, L.F. et al. **Economia da produção de pimenta vermelha no município de Turuçu – RS**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. 27 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 19).

MANTEL, S.H.; MATTHEUS, J.A.; McKEE, R.A. **Princípios de Biotecnologia em Plantas: Uma Introdução à Engenharia Genética em Plantas**. Sociedade

Brasileira de Genética e Revista Brasileira de Genética. Ribeirão Preto, São Paulo, p.333, 1985.

MONTANARI Jr., Í. Aspectos da produção comercial de plantas medicinais nativas. **CPQBA – UNICAMP**. Campinas, São Paulo, 2003. Disponível em: Acesso em 18 de agosto de 2003.

REIFSCHNEIDER, F.J.B. **Capsicum – Pimentas e Pimentões no Brasil**. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia / Embrapa Hortaliças. Brasília, p.113, 2000.

ROHÁČEK, K. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. **Photosynthetica**, Prague, v.40, n.1, p.13-29, 2002.

REVISÃO DE LITERATURA

As espécies de pimentas do gênero *Capsicum* pertencem à família Solanaceae, como o tomate, a batata, a berinjela e o jiló. Dentre as 27 espécies do gênero *Capsicum*, cinco são domesticadas e amplamente cultivadas e utilizadas: *Capsicum annum*; *C. baccatum*; *C. chinense*; *C. frutescens* e *C. pubescens* (RODRIGUEZ et al., 1999; ONUS; PICKERSGILL, 2004; INCE et al, 2009). Destas, apenas *C. pubescens* não é cultivada no Brasil. O centro de diversidade da espécie *C. annum* var. *annuum*, inclui o México e América Central; de *C. frutescens*, inclui as terras baixas do sudeste brasileiro até a América Central e as Antilhas, no Caribe; de *C. baccatum* var. *pendulum*, a Bolívia e o sudeste brasileiro; e de *C. chinense*, é a Bacia Amazônica (CARVALHO; BIANCHETTI, 2004).

Muitas espécies de plantas foram descobertas com a chegada dos navegadores portugueses e espanhóis ao continente americano, entre elas as pimentas. Os índios Caetés foram os primeiros brasileiros a usar a pimenta como arma, de maneira a afastar seus inimigos através da fumaça produzida pela queima dos ramos. Cinco séculos depois do descobrimento das Américas, as pimentas passaram a dominar o comércio das especiarias picantes, sendo muito cultivada em países de clima tropical como temperado (INCE et al., 2010).

A maioria das pimentas plantadas no Brasil, como a “malagueta” (*C. frutescens*), “dedo-de-moça” (*C. baccatum*), “cumari” (*C. baccatum* var.

praetermissum), “chapéu-de-frade” (*C. baccatum* var. *pendulum*), “de cheiro” e “bode” (*C. chinense*), são consideradas variedades botânicas ou grupos varietais, com características de frutos bem definidas. Os tipos mais comuns e cultivados da espécie *C. baccatum* no Brasil são as pimentas “dedo-de-moça”, “chifre-de-veado” e “cambuci” (também conhecida como “chapéu-de-frade”), estas pimentas possuem a pungência menos intensa, havendo cultivares doces como a pimenta “cambuci”.

A espécie *C. frutescens*, a pimenta “malagueta”, é representada pelo tipo de pimenta mais conhecido e consumido no Brasil, cultivada principalmente nos estados de Minas Gerais, Bahia e Ceará. A cultivar “tabasco”, também pertence a esta espécie, e é conhecida mundialmente pelo molho que leva o seu nome. Ambas as espécies, “malagueta” e “tabasco” são extremamente picantes, apresentando frutos pequenos de formato alongado e de coloração vermelha quando maduros (RIBEIRO, 2004).

A altura e forma de crescimento destas plantas de *Capsicum* variam de acordo com a espécie e as condições de cultivo. O sistema radicular é pivotante, com um número elevado de ramificações laterais, podendo chegar a profundidades de 70-120 cm. As folhas apresentam tamanho, coloração, formato e pilosidade variáveis. A coloração é tipicamente verde, mas existem folhas violetas e variegadas; quanto ao formato, pode variar de ovalado, lanceolado a deltóide. As hastes podem apresentar antocianina ao longo de seu comprimento e/ou nos nós, bem como presença ou ausência de pêlos. O sistema de ramificação segue um único modelo de dicotomia e, inicia-se quando a plântula atinge 15 a 20 cm de altura. Um ramo jovem sempre termina por uma ou várias flores. Posteriormente, dois novos ramos vegetativos (geralmente um mais desenvolvido que o outro) emergem das axilas das folhas e continuarão crescendo até a formação de novas flores (CARVALHO; BIANCHETTI, 2004).

As flores típicas são hermafroditas, possuem cálice com cinco (em alguns casos 6-8) sépalas e a corola com cinco (em alguns casos 6-8) pétalas. A identificação de espécies é baseada tradicionalmente na morfologia e em estudos de hibridização, onde os taxonomistas examinam principalmente as flores (HUNZIKER, 1998; HEISER; SMITH, 1953; PICKERSGILL, 1988; ONUS; PICKERSGILL, 2004). Características morfológicas como o número de flores

por nó, posição da flor e do pedicelo, coloração da corola e da antera, presença ou ausências de manchas nos lobos das pétalas e margem do cálice, variam entre as espécies (PICKERSGILL, 1991; MOSCONE et al., 2007; INCE et al., 2010).

As espécies do gênero *Capsicum* são, preferencialmente, autógamas, o que facilita a sua reprodução, embora a polinização cruzada também possa ocorrer entre indivíduos dentro da mesma espécie e entre espécies do gênero. A polinização cruzada ocorre em taxas de 2 a 90% (CARVALHO; BIANCHETTI, 2004).

O fruto é uma baga, de estrutura oca e forma lembrando uma cápsula. Podem apresentar múltiplos formatos, tamanhos, colorações e pungências. Esta última característica, exclusiva do gênero *Capsicum*, é atribuída a dois alcalóides (capsaicinóides): a capsaicina e a diidrocapsaicina. Existe grande variação na concentração destas nos frutos de espécies distintas e entre genótipos de mesma espécie (BOSLAND; VOTAVA, 1999). A capsaicina é o capsaicinóide encontrado em maior quantidade nos frutos, seguido da diidrocapsaicina, estes se acumulam na superfície da placenta (tecido localizado na parte interna do fruto), e seu conteúdo depende do estágio de desenvolvimento do fruto, ocorrendo acúmulo no início do amadurecimento e decréscimo no decorrer do mesmo (PEREIRA, 2007). A produção destes compostos ocorre a partir dos aminoácidos fenilalanina ou valina, pela rota dos fenilpropanóides, com a ação de muitas enzimas distintas (DÍAZ et al., 2004).

A coloração dos frutos maduros, geralmente, é vermelha, mas pode variar desde o amarelo-leitoso, amarelo-forte, alaranjado, salmão, vermelho, roxo até preto. O formato pode variar, existindo frutos alongados, arredondados, triangulares ou cônicos, campanulados, quadrados ou retangulares. As pimentas apresentam, em sua maioria, frutos menores que os pimentões, formatos variados e paladar predominantemente pungente. São utilizadas principalmente como condimento e, em alguns casos, como ornamentais, em razão da folhagem variegada, do porte anão e dos frutos exibirem diferentes cores no processo de maturação (CARVALHO et al., 2003).

Em *C. baccatum* var. *pendulum*, as flores se apresentam em número de uma a duas. Na antese, os pedicelos são geralmente eretos. A corola é branca e sempre apresenta um par de manchas amareladas ou esverdeadas na base

de cada lobo das pétalas. As anteras são amarelas. Os cálices dos frutos maduros são evidentemente dentados e não possuem constrição anelar na junção do pedicelo. Os frutos são de várias cores e formas, geralmente pendentes, persistentes, com polpa firme e as sementes são cor de palha.

C. frutescens apresenta flores em número de uma a três por nó (ocasionalmente fasciculadas). Na antese, os pedicelos são tipicamente eretos. A corola é branca esverdeada, sem manchas e, geralmente, os lobos dobram-se para trás. As anteras são geralmente azuis, roxas ou violetas. Os cálices dos frutos maduros são poucos a não dentados e não apresentam constrição anelar na junção com o pedicelo. Os frutos geralmente são vermelhos, cônicos, eretos, parede muito delgada, com polpa mole; as sementes são cor de palha e mais espessas no hilo (CARVALHO; BIANCHETTI, 2004).

O cultivo de pimentas ocorre em várias regiões do país e é um dos melhores exemplos de agricultura familiar e de integração pequeno agricultor-agroindústria (REIFSCHNEIDER; RIBEIRO, 2008; WAGNER, 2003). Apesar do crescente interesse no cultivo de pimentas, o mesmo ainda é realizado por pequenos produtores com produção caseira de sementes ou adquirem frutos maduros em mercados e feiras. Normalmente estas sementes são de qualidade variável, apresentam baixa germinação e podem possuir problemas fitossanitários. As pimentas (doces e picantes), além de serem consumidas *in natura*, podem ser processadas e utilizadas em diversas linhas de produtos na indústria de alimentos (HENZ, 2004). A área anual cultivada no Brasil é de cerca de cinco mil há, com produção de 75 mil toneladas, sendo os principais estados produtores: Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul (REIFSCHNEIDER; RIBEIRO, 2008). A produtividade média depende do tipo de pimenta cultivada, variando de 10 a 30 t ha⁻¹. A crescente demanda do mercado, estimado em 80 milhões de reais ao ano, tem impulsionado o aumento da área cultivada e o estabelecimento de agroindústrias, tornando o agronegócio de pimentas (doces e picantes) importantes do país (REIFSCHNEIDER; RIBEIRO, 2004).

A pimenteira é uma planta exigente em calor, sendo sensível a baixas temperaturas e intolerante a geadas, por isso deve ser cultivada preferencialmente nos meses de alta temperatura, condição que favorece a germinação, o desenvolvimento e a frutificação, obtendo-se assim, um produto

de alto valor comercial com menor custo de produção. As temperaturas médias mensais ideais situam-se entre 21 °C a 30 °C, sendo a germinação favorecida por temperaturas do solo entre 25 °C e 30 °C. Para as mudas, o melhor crescimento é alcançado com temperaturas entre 26 °C e 30 °C.

As temperaturas baixas inviabilizam a produção, provocando a queda de flores e frutos, influenciando negativamente a pungência e a coloração dos frutos, e conseqüentemente provocando redução do valor comercial, podendo ocasionar estiolamento de folhas maduras, murcha de partes jovens e crescimento lento.

Nas regiões produtoras do sul do país, as temperaturas elevadas consideradas ideais acontecem na primavera e verão, sendo indicados os meses de agosto a janeiro para a semeadura. Entretanto, nas regiões serranas e de temperaturas mais amenas, a época mais apropriada é de setembro a novembro, em razão de sua exigência em temperaturas elevadas. No Rio Grande do Sul, na região de Pelotas, a semeadura de pimenta “dedo-de-moça” é realizada em agosto e o transplante das mudas em setembro/outubro (CRUZ; MAKISHIMA, 2004).

REFERÊNCIAS

BOSLAND, P.W.; VOTAVA, E.J. **Peppers: vegetable and spice capsicums**, CABI Publishing, 1999. 204 p.

CARVALHO, S.I.C.; BIANCHETTI, L.B.; BUSTAMANTE, P.G.; SILVA, D.B. **Catálogo de germoplasma de pimentas e pimentões (*Capsicum spp.*) da Embrapa Hortaliças**. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2003. 49 p. (Documentos, 49).

CARVALHO, S.I.C.; BIANCHETTI, L.B. Sistema de produção de pimentas (*Capsicum spp.*): botânica. **Embrapa Hortaliças**. Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.sisprod/pimenta/index.htm>. Acesso em 3 de maio de 2010.

CRUZ, D.M.R.; MAKISHIMA, N. Sistema de produção de pimentas (*Capsicum spp.*): clima. **Embrapa Hortaliças**. Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.sisprod/pimenta/index.htm>. Acesso em 3 de maio de 2010.

DÍAZ, J.; POMAR, F.; BERNAL, A.; MERINO, F. Peroxidases and the metabolismo f capsaicin in *Capsicum annuum* L. **Phytochemistry Reviews**, v.3, p. 141-157, 2004.

HEISER, C.B.; SMITH, P.G. The cultivated *Capsicum* peppers. **Economic Botany**, v. 7, p. 214-227, 1953.

HENZ, G.P. Perspectivas e potencialidades do mercado para pimentas. In: Encontro nacional do agronegócio pimentas (*Capsicum*), 1., Mostra nacional de pimentas e produtos derivados, 1., 2004, Brasília. **Anais...** Brasília: Embrapa Hortaliças, 2004. 1 CD-ROM.

HUNZIKER, A.T. Estudios sobre Solanaceae. XLVI. Los ajíes silvestres de Argentina (*Capsicum*). **Darwiniana**, v. 36, p. 201-203, 1998.

INCE, A.G.; KARACA, M.; ONUS, A.N. Development and utilization of diagnostic DAMD-PCR markers for *Capsicum* accessions. **Genetic Resources and Crop Evolution**, v. 56, p. 211-221, 2009.

INCE, A.G.; KARACA, M.; ONUS, A.M. Genetic relationships within and between *Capsicum* species. **Biochemical Genetics**, v. 48, p. 83-95, 2010.

MOSCONE, E.A.; BARANYI, M.; EBERT, I.; GREILHUBER, J.; EHRENDORFER, F.; HUNZIKER, A.T. Analysis of nuclear DNA content in *Capsicum* (Solanaceae) by flow cytometry and Feulgen densitometry. **Annals of Botany**, v. 92, p. 21-29, 2003.

ONUS, A.N.; PICKERSGILL, B. Unilateral incompatibility in *Capsicum* (Solanaceae): occurrence and taxonomic distribution. **Annals of Botany**, v. 94, p. 289-295, 2004.

PEREIRA, G.M. **Análise dialéctica e pungência dos frutos em *Capsicum chinense***. Viçosa, 2007. 64 p. Tese (Doutorado em genética e melhoramento) - Universidade federal de Viçosa.

PICKERSGILL, B. The genus *Capsicum*: a multidisciplinary approach to the taxonomy of cultivated and wild plants. **Biologisches Zentralblatt**, v. 107, p. 381-389, 1988.

PICKERSGILL, B. Cytogenetics and evolution of *Capsicum* L. In: Tsuchiya T., Gupta, P.K. (eds) **Chromosome engineering in plants: genetics, breeding, evolution, part B**. Elsevier, Amsterdam, p. 139-160, 1991.

REIFSCHNEIDER, F.J.B. **Capsicum – Pimentas e Pimentões no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia / Embrapa Hortaliças, 2000. 113 p.

REIFSCHNEIDER, F.J.B., RIBEIRO, C.S.C. Sistema de produção de pimentas (*Capsicum* spp.): introdução e importância econômica. **Embrapa Hortaliças**. Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.sisprod/pimenta/index.htm>. Acesso em 3 de maio de 2010

REIFSCHNEIDER, F.J.B.; RIBEIRO, C.S.C. Cultivo. In: RIBEIRO, C.S.C.; LOPES, C.A.; CARVALHO, S.I.C.; HENZ, G.M.; REIFSCHNEIDER, F.J.B. (Ed.). **Pimentas *Capsicum***. Brasília: Embrapa Hortaliças, 2008. p. 11-14.

RIBEIRO, C.S.C. Sistema de produção de pimentas (*Capsicum* spp.): cultivares. **Embrapa Hortaliças**. Brasília, 2004. Disponível em: <http://www.cnph.embrapa.sisprod/pimenta/index.htm>. Acesso em 3 de maio de 2010

RODRIGUEZ, J.M.; BERKE, T.; ENGLE, L.; NIENHUIS, J. Variation among and within *Capsicum* species revealed by RAPD markers. **Theoretical and Applied Genetics**, v. 99, p. 147-156, 1999.

WAGNER, C.M. **Variabilidade e base genética da pungência e de caracteres do fruto: implicações no melhoramento de uma população de *Capsicum***. Piracicaba, 2003. 104 p. Tese (Doutorado em genética e melhoramento de plantas) - Universidade de São Paulo.

ARTIGO 1

CRESCIMENTO EM DUAS ESPÉCIES DE PIMENTA DO GÊNERO *Capsicum*

Growth in two genus of *Capsicum* pepper

RESUMO: Neste trabalho foram utilizadas duas espécies de pimenta conhecidas popularmente na culinária brasileira como pimenta chapéu-de-frade e pimenta malagueta. O objetivo foi estudar o crescimento e a partição de assimilados, de maneira a otimizar o manejo destas culturas. Foram semeadas e cultivadas em casa-de-vegetação, sendo as avaliações realizadas em intervalos de 21 dias após o transplântio (DAT), totalizando 189 dias. As variáveis analisadas foram a área foliar, número de folhas, índice de clorofila, altura, massa seca das partes das plantas, número, diâmetro, comprimento e massa fresca dos frutos. O comportamento das duas espécies foi semelhante em alguns aspectos, apresentando florescimento e frutificação na mesma época. A máxima massa seca total acumulada em *C. frutescens* foi 15,04 g planta⁻¹, enquanto que em *C. baccatum* foi de 12,78 g planta⁻¹, ambas aos 168 DAT, após este período as mesmas apresentaram declínio em todas as variáveis estudadas, caracterizando o final do ciclo de vida. Os órgãos onde ocorreram maior translocação de assimilados foram as folhas, seguidos das raízes, caules e frutos. No entanto pimenta malagueta apresentou-se mais produtiva e precoce que *C. baccatum*.

Palavras-chave: análise de crescimento, partição de assimilados, massa seca, *C. baccatum* L. var. *pendulum* (Wild.) Eshbaugh, *C. frutescens* L.

ABSTRACT: In this work, we used two genus of pepper popularly known in the Brazilian cuisine as chapéu-de-frade and malagueta peppers. We aimed at studying the growth and partitioning of assimilates in order to optimize the management of these crops. They were sown and cultivated in a greenhouse, and the evaluations were done every 21 days after transplanting (DAT), totaling 189 days. The variables analyzed were leaf area, number of leaves, chlorophyll content, height, dry mass of plant parts, number, diameter, length and fresh mass of fruits. The development of the two species was similar in some aspects, showing flowering and fruiting at the same time. The maximum total dry matter accumulation in *C. frutescens* was 15,04 g plant⁻¹, while in *C. baccatum* it was 12,78 g plant⁻¹, both at 168 DAT. After this period, there was a decline in both species for all the variables studied, characterizing the end of the life cycle. The organs presenting increased translocation of assimilates were the leaves, followed by roots, stems and fruit. However, *C. frutescens* proved to be more productive and more precocious than *C. baccatum*.

Key words: growth analysis, assimilate partitioning, dry mass, *C. baccatum* L. var. *pendulum* (Wild.) Eshbaugh, *C. frutescens* L.

INTRODUÇÃO

Vários tipos de pimentas são utilizados como condimentos na culinária brasileira, porém faltam informações mais detalhadas do seu crescimento e desenvolvimento. As pimentas chapéu-de-frade (*Capsicum baccatum* L. var. *pendulum* (Wild.) Eshbaugh), também conhecida como cambuci, e a malagueta (*C. frutescens* L.), são espécies originárias das regiões tropicais da América Latina classificadas como domesticadas, sendo cultivadas praticamente por agricultores de base familiar. Os estados de Minas Gerais, Goiás, São Paulo, Ceará e Rio Grande do Sul são considerados os maiores produtores (MADAIL et al., 2005).

A análise de crescimento é um método que descreve as mudanças na produção vegetal em função do tempo, e propõe-se a acompanhar a dinâmica da produção fotossintética avaliada por meio do acúmulo de massa seca, o que não é possível com o simples registro do rendimento em termos de produção final (RODRIGUES et al., 1993; URCHEI et al., 2000). Esta técnica é considerada referência inicial na avaliação de produção de espécies vegetais,

requerendo informações que podem ser obtidas sem a necessidade de equipamentos sofisticados (PEREIRA & MACHADO, 1987).

As informações necessárias são de simples determinação, sendo possível a partir da massa seca da planta toda e de suas partes (folhas, caule, raiz e frutos) e do tamanho do aparelho fotossintetizante (área foliar), medidas estas que são obtidas durante o desenvolvimento fenológico da planta (URCHEI et al., 2000). A análise de crescimento pode ser utilizada para avaliar a adaptação ecológica das plantas a novos ambientes, efeitos de sistemas de manejo, modificação do regime de irradiância, tratamento com fungicidas, além de permitir determinar a capacidade produtiva de diferentes genótipos (SANTOS & COSTA, 1995; BACARIN et al., 1997; FRANÇA et al., 1999; ANTONIAZZI & DESCHAMPS, 2006). Para pimentas são inexistentes dados sobre a dinâmica de crescimento durante a sua ontogenia.

A produtividade de diferentes genótipos é justificada por meio das diferenças na dinâmica da distribuição de assimilados entre os órgãos durante o crescimento e o desenvolvimento das plantas (NTANOS & KOUTROUBAS, 2002). Os principais fatores responsáveis pela produção de massa seca são a área foliar, a taxa assimilatória líquida e a radiação solar incidente (MONTEITH, 1969). Segundo WATSON (1952), a área foliar é, em geral, o componente mais importante, porque a variação na produção de massa seca está associada, principalmente, com mudanças na área foliar e conseqüentemente na taxa fotossintética. À medida que aumenta o índice de área foliar, a absorção de luz e a taxa de produção de massa seca também aumentam (LOOMIS & WILLIAMS, 1963).

O objetivo deste trabalho foi estudar características de crescimento e de partição de assimilados em *C. baccatum* e *C. frutescens*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de agosto de 2007 a abril de 2008, em casa de vegetação (Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, Universidade Federal de Pelotas), sendo que a temperatura média do ar foi em torno de 25°C, a densidade média de radiação fotossinteticamente ativa durante o ciclo de crescimento foi aproximadamente de 460 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e o regime de irrigação controlado por aspersão. Foram utilizadas sementes de *Capsicum baccatum* L. var. *pendulum* (Wild.) Eshbaugh (pimenta chapéu-de-frade ou cambuci) e *C. frutescens* L. (pimenta malagueta), as quais foram colocadas para germinar em bandejas alveoladas de plástico (80 células), contendo Plantmax® como substrato. Quando 50% das plântulas apresentaram cinco folhas novas (21 dias), as mesmas foram transferidas para vasos com capacidade de dois litros contendo solo (Planossolo Solódico), e mantidas durante um ciclo de crescimento. Foram realizadas aplicações de solução nutritiva de Hoagland modificada (TAIZ & ZEIGER, 2004) aos 42, 84 e 126 dias após o transplante (DAT).

As análises iniciaram-se aos 21 DAT e foram repetidas em intervalos de 21 dias. Em cada época de coleta foram avaliados: área foliar, número de folhas, índice de clorofila, altura, massa seca das partes das plantas, número, diâmetro, comprimento e massa fresca dos frutos.

Em cada coleta as plantas foram selecionadas aleatoriamente através de sorteio, sendo o conteúdo de clorofilas determinado na quarta e quinta folhas basais não destacadas, por meio de um medidor portátil de clorofila (CL – 01, Hansatech, King's Lyonn, UK), pelo qual os resultados foram expressos como "índice de clorofila". Posteriormente, as plantas foram levadas para o laboratório, onde foi medida a altura das plantas e separadas em partes: folhas, caule, raízes e partes reprodutivas; verificado o número de folhas e de frutos e feita a lavagem das raízes em água corrente.

A área foliar foi determinada utilizando um medidor de área foliar marca LICOR (Modelo Li-3100), e posteriormente cada parte das plantas foi acondicionada em sacos de papel e colocadas em estufa de ventilação forçada à temperatura de 70°C, por 72h para a determinação da massa seca.

Em cada espécie realizou-se o total de nove coletas, sendo que em cada coleta foram utilizadas quatro repetições, onde cada repetição foi composta de uma planta por vaso. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As plantas da pimenta chapéu-de-frade atingiram a área foliar máxima (AFmax) de 375,81 cm² planta⁻¹ aos 63 DAT, enquanto para as plantas de pimenta malagueta a AFmax foi de 399,24 cm² planta⁻¹ aos 105 DAT (Figura 1A). Após estas datas observou-se um declínio na área foliar em ambas as espécies com novo pico de incremento na área foliar por volta dos 168 DAT. SILVA (2008) relata que em plantas de pimentão cultivadas a campo, a área foliar aumentou até os 112 DAT, alcançando o valor de 112,99 cm² planta⁻¹. O fator que contribuiu para o rápido crescimento destas espécies foi a rápida expansão da área foliar, o qual é muito importante, pois ao mesmo tempo que favorece a captação de energia solar, promove boa proteção aos frutos (MOURA et al., 2001).

O acúmulo de massa seca nas raízes da pimenta malagueta (Figura 1B) teve comportamento semelhante em relação ao período de maior acúmulo de massa seca total. A massa seca das raízes apresentou dois picos máximos, o primeiro aos 105 DAT (7,1 g planta⁻¹) e outro aos 168 DAT (6,7 g planta⁻¹). Em

pimenta chapéu-de-frade o acúmulo de assimilados foi crescente atingindo um máximo aos 168 DAT, com valor de 5,2 g planta⁻¹.

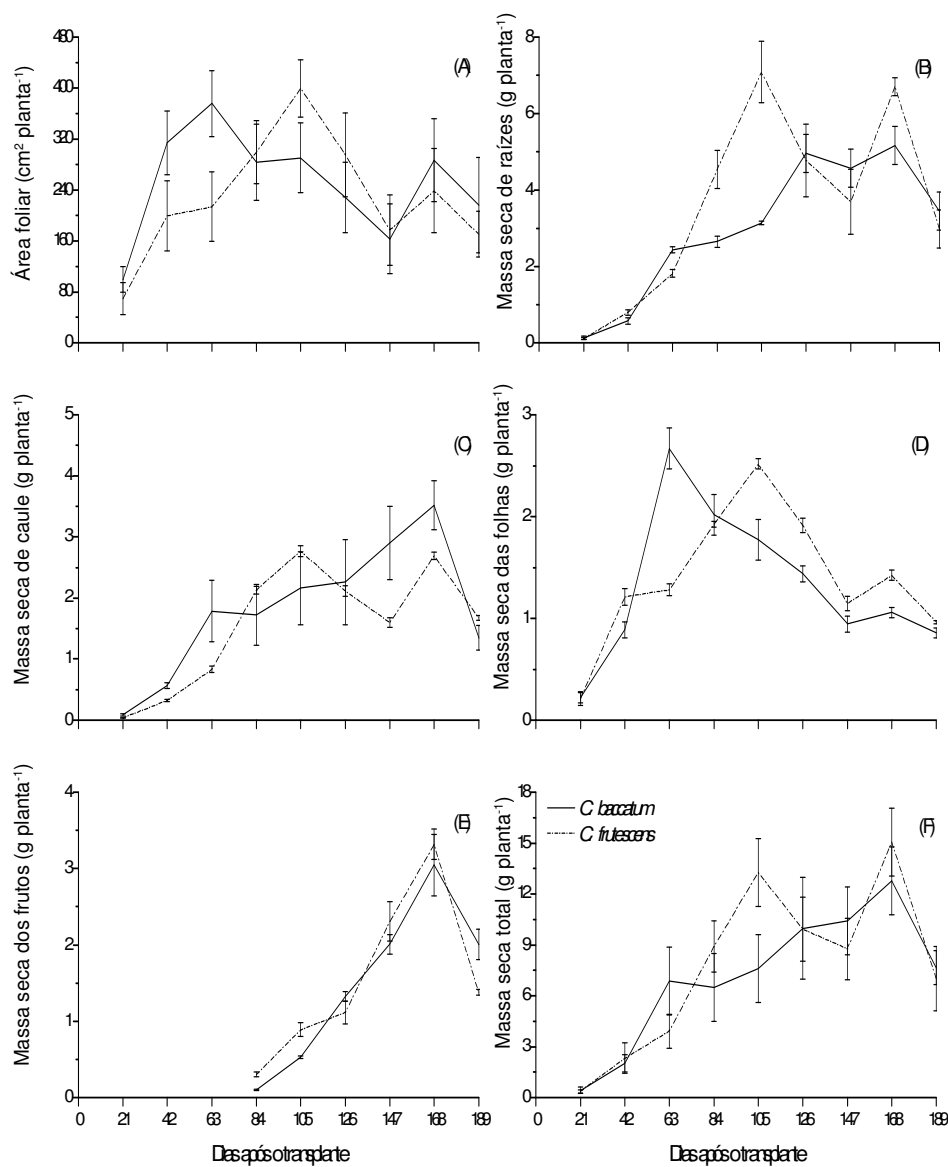


FIGURA 1: Área foliar (cm² planta⁻¹) (A), massa seca das folhas (B), do caule (C), das raízes (D), dos frutos (E) e total (F) expressos em (g planta⁻¹) de plantas de pimentas *C. baccatum* (----) e *C. frutescens* (- - -) durante um ciclo de crescimento. Barra indica erro padrão da média

Em relação à massa seca do caule (Figura 1C), houve um acúmulo contínuo de assimilados em pimenta chapéu-de-frade até os 168 DAT, apresentando, nesta data, $3,5 \text{ g planta}^{-1}$. Em estudos realizados com plantas de pimentão, essa variável também aumentou continuamente durante o período de avaliação (126 DAT) (JOLLIFE & GAYE, 1995; MOTSENBOCKER, 1996; SILVA, 2008). Contudo, para as plantas da pimenta malagueta houve dois períodos de maior acúmulo de massa seca no caule (Figura 1C), o primeiro aos 105 DAT apresentando $2,8 \text{ g planta}^{-1}$, e o segundo aos 168 DAT com $2,7 \text{ g planta}^{-1}$, este fato decorreu devido ao aumento do número de brotos. De acordo com COCKSHULL et al. (1992) este aumento do número de hastes por planta tem como objetivo aumentar a força das fontes, ou seja, aumentar a área foliar. Após os 168 DAT, ambas as espécies apresentaram declínio na massa seca do caule, pois os assimilados foram translocados deste órgão para os frutos, concordando com os dados obtidos por GARGANTINI & BLANCO (1963) em estudos realizados com plantas de tomate.

As folhas (Figura 1D) tiveram maior acúmulo de biomassa no mesmo período em que houve maior aumento da área foliar para ambas as espécies, $2,7 \text{ g planta}^{-1}$ em pimenta chapéu-de-frade, e $2,5 \text{ g planta}^{-1}$ em pimenta malagueta. No entanto, este incremento de área foliar e de massa seca das folhas ocorreu de formas distintas, pois neste período, as folhas das plantas da pimenta chapéu-de-frade apresentaram maior dimensão, enquanto que em pimenta malagueta, houve um aumento no número de folhas produzidas pelas plantas.

O acúmulo de massa seca nos frutos iniciou-se para ambas as espécies aos 84 DAT (Figura 1E), sendo crescente até 168 DAT, onde foram atingidos os valores de 3,0 g planta⁻¹ pela pimenta chapéu-de-frade e, 3,3 g planta⁻¹ pela pimenta malagueta.

O acúmulo de massa seca total (Figura 1F) nas plantas de pimenta malagueta apresentou dois picos de crescimento, o primeiro por volta dos 105 DAT e um segundo aos 168 DAT no qual foi obtida a máxima massa seca total das plantas (15,0 g planta⁻¹). Nas plantas de pimenta chapéu-de-frade o acúmulo de massa seca total foi constante, atingindo um máximo de 12,8 g planta⁻¹, aos 168 DAT. Após este período as mesmas apresentaram declínio em todas as variáveis estudadas, caracterizando o final de um ciclo de crescimento.

Para as plantas da pimenta chapéu-de-frade houve um rápido crescimento inicial (Figura 1F) até os 63 DAT, posteriormente, a sua expansão foi mais lenta, de forma semelhante ao observado em experimentos com algodoeiro herbáceo, onde o crescimento passou a ser mais lento após 70 dias (BELTRÃO et al., 2000; CARDOSO et al., 2006). Este fato pode ser atribuído à translocação dos assimilados das partes vegetativas para os órgãos reprodutivos, os quais são altamente competitivos conforme descrito por SOUZA & BELTRÃO (1999). Entretanto, para as plantas de pimenta malagueta, este crescimento acelerado ocorreu até os 105 DAT, havendo posteriormente um declínio até os 147 DAT (Figura 1F), decorrente da redução da área foliar por planta, resultado da senescência e da abscisão foliar de algumas folhas. Houve também a diminuição da massa seca de vários órgãos, exceto dos frutos, os quais foram os principais drenos da planta nesta fase de

crescimento, caracterizando uma acentuada translocação de material fotoassimilado para os frutos. Após este período as plantas retornaram a acumular massa seca até os 168 DAT, onde as raízes, o caule e os frutos foram os órgãos (drenos) de maior translocação de assimilados.

A altura média atingida pelas plantas (Tabela 1) de ambas as espécies foi crescente durante todo o ciclo, sendo que para as plantas da pimenta chapéu-de-frade a altura estabilizou-se a partir dos 63 DAT obtendo um valor máximo (37,6 cm) aos 168 DAT, colaborando com o maior valor de massa seca total observado durante sua ontogenia. Nas plantas da pimenta malagueta a altura não apresentou diferenças a partir dos 84 DAT, contudo aos 189 DAT houve uma redução da altura das plantas.

TABELA 1: Altura (cm), número de folhas por planta e índice de clorofila das plantas das pimentas *C. baccatum* e *C. frutencens* cultivadas em casa de vegetação e avaliadas durante sua ontogenia

		DIAS APÓS O TRANSPLANTE (DAT)								
		21	42	63	84	105	126	147	168	189
Altura (cm)	<i>C. baccatum</i>	10,0B*	18,5B	28,1A	24,1A	26,6A	27,6A	30,9A	37,6A	26,0A
	<i>C. frutencens</i>	4,1D	9,3C	14,5B	21,6A	29,3A	20,5A	18,5A	24,3A	17,0B
Número de folhas por planta	<i>C. baccatum</i>	9,0D	12,5C	18,0C	18,0C	51,8A	41,0B	34,0B	77,5A	59,5A
	<i>C. frutencens</i>	9,3D	23,0C	20,3C	72,8B	137,0A	102,5A	59,8B	131,5A	120,3A
Índice de clorofila (u.r.)	<i>C. baccatum</i>	6,1B	10,5A	6,7B	4,2B	4,6B	3,0B	2,9B	5,2B	3,5B
	<i>C. frutencens</i>	9,6A	12,5A	9,8A	17,4A	15,7A	9,3A	9,8 A	8,1A	6,8A

*Letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott dentro de cada espécie.

SOUZA & SILVA (1992) e CARDOSO et al. (2006) relatam em seus estudos com algodoeiro que a altura segue um comportamento semelhante ao da área foliar da planta, fato observado nas plantas de pimenta malagueta, mas que divergem com os dados encontrados para as plantas de pimenta chapéu-de-frade. Para SILVA et al. (2007), a altura tem correlação com o número de folhas existentes na planta, pois um maior número de folhas proporciona uma maior quantidade de fotoassimilados produzidos, que serão translocados para o crescimento em altura.

O número de folhas (Tabela 1) apresentou um aumento até um valor máximo, observado aos 105 DAT para ambas as espécies, seguido de um posterior declínio, contudo a partir dos 168 DAT as plantas tornaram a produzir novas folhas, neste mesmo período houve a maior produção de folhas de forma que estes órgãos que tornaram as principais fontes de assimilados na fase de intensa frutificação.

Segundo ANDRIOLO et al. (2000), plantas que apresentam um maior número de folhas produzem mais assimilados, possuindo, portanto, um maior potencial de acúmulo de massa seca, o qual diminui a competição entre as partes vegetativas e os frutos. Neste trabalho foi possível comprovar este fato, uma vez que em pimenta malagueta houve o maior acúmulo de massa seca.

O índice de clorofila (Tabela 1) nas folhas de pimenta malagueta não apresentou diferença significativa durante o seu ciclo de vida, o maior valor (17,4) foi encontrado aos 84 DAT, ou seja, no início da frutificação, posteriormente os valores foram levemente reduzidos, obtendo o menor valor (6,8) na última coleta (189 DAT). Nas plantas da pimenta chapéu-de-frade o teor de clorofila foi menor em comparação a pimenta malagueta, sendo o maior

índice de clorofila (10,5) obtido aos 42 DAT. Após o início do florescimento das plantas, o índice de clorofila diminuiu rapidamente nas coletas seguintes, o que ocasionou diferenças significativas nos resultados obtidos, atingindo o valor mínimo de 2,9 aos 147 DAT. Nas coletas posteriores ao menor valor observado em pimenta chapéu-de-frade, houve um pequeno aumento no conteúdo de clorofila das folhas, pois nesta fase houve a formação de um maior número de folhas novas, caracterizando o rebrotamento dos entrenós.

Em relação à queda do índice de clorofila, YAMAZAKI et al. (1999) relatam que ao final do ciclo de vida das plantas ocorre a queda nos teores de pigmentos fotossintéticos, reduções na razão entre a quantidade de fotossistema II em relação a quantidade de fotossistema I e degradação dos componentes protéicos dos fotossistemas.

VEIGA et al. (2009) em seus estudos com as cultivares FMT 701 e SL 705 de algodoeiro, observaram diferenças nos teores de clorofila aos 80 dias após a emergência das plântulas, demonstrando que o conteúdo deste, pode variar entre genótipos da mesma espécie.

A fase de frutificação iniciou ao mesmo tempo para ambas as espécies (84 DAT) (Tabela 2). Em relação ao número de frutos produzidos pelas plantas de pimenta chapéu-de-frade estes não diferiram estatisticamente ao longo do período de frutificação, havendo a produção máxima de quatro frutos por planta aos 84 DAT. Entretanto, nas plantas de pimenta malagueta foi observada diferenças nos resultados obtidos, onde inicialmente a produção foi menor (15,8 frutos planta⁻¹), e posteriormente, aos 168 DAT houve a produção máxima de 35 frutos por planta, caracterizando um constante aumento no

número de frutos produzidos, diferentemente do observado para as plantas de pimenta chapéu-de-frade.

Os frutos da pimenta chapéu-de-frade caracterizam-se por possuir um tamanho mediano com formato campanulado, enquanto que os frutos de pimenta malagueta são considerados pequenos e alongados (MADAIL et al., 2005).

O período de crescimento dos frutos envolve divisão e alongamento celular, onde acontece o aumento físico do mesmo (CHITARRA & CHITARRA, 2005), em relação a esta fase, as duas espécies comportaram-se de forma semelhante, pois desenvolveram primeiro o diâmetro, e após 42 dias, o comprimento.

TABELA 2: Número, comprimento médio (mm), diâmetro médio (mm) e massa fresca total de frutos (g massa fresca planta⁻¹) de plantas das pimentas *C. baccatum* e *C. frutencens* cultivadas em casa de vegetação

		DIAS APÓS O TRANSPLANTE (DAT)					
		84	105	126	147	168	189
Número de frutos	<i>C. baccatum</i>	4,0A*	2,5A	2,0A	1,8A	2,3A	1,8A
	<i>C. frutencens</i>	15,8B	17,8B	27,5A	27,0A	35,0A	30,5A
Diâmetro médio dos frutos	<i>C. baccatum</i>	6,1B	30,0A	38,5A	37,2A	35,9A	26,3A
	<i>C. frutencens</i>	3,2A	7,0A	4,0A	5,7A	5,8A	5,3A
Comprimento médio dos frutos	<i>C. baccatum</i>	7,4B	29,8A	34,9 A	34,5A	36,1A	22,3A
	<i>C. frutencens</i>	10,2B	13,4AB	14,4AB	23,3A	21,5AB	18,7AB
Massa fresca total dos frutos por planta (g planta ⁻¹)	<i>C. baccatum</i>	1,17C	7,28 B	11,11 B	16,03 B	26,63 A	11,61B
	<i>C. frutencens</i>	2,21C	4,02B	4,60B	8,39A	8,79A	5,87A

*Letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott dentro de cada espécie.

Nos frutos de pimenta malagueta, o diâmetro não diferiu significativamente ao longo do desenvolvimento (Tabela 2), atingindo o valor máximo de 7,0 mm aos 105 DAT, porém em pimenta chapéu-de-frade apenas inicialmente (84 DAT) houve um menor crescimento (6,1 mm). O comprimento máximo em pimenta chapéu-de-frade foi de 36,1 mm, e em pimenta malagueta foi de 23,3 mm.

A massa fresca dos frutos (Tabela 2) foi máxima aos 168 DAT para ambas as espécies, demonstrando que as plantas haviam atingido o ponto máximo de maturação. Em pimenta chapéu-de-frade foi observado 26,6 g planta⁻¹ de massa fresca, e em pimenta malagueta 8,8 g planta⁻¹, sendo possível constatar que os frutos da pimenta chapéu-de-frade acumulam um maior conteúdo de água em relação aos frutos de pimenta malagueta. Aos 189 DAT, os frutos apresentaram declínio nas variáveis avaliadas, demonstrando que o estágio reprodutivo das plantas estava no final do ciclo, e que os frutos encontravam-se na fase de senescência.

No início do crescimento das plantas, a distribuição de massa seca entre os órgãos foi distinto entre as duas espécies (Figura 2 A, B), sendo que para as plantas da pimenta chapéu-de-frade houve um predomínio de massa seca no caule, enquanto para a malagueta o maior acúmulo foi observado nas folhas. Contudo, a sequência de acúmulo foi similar para ambas as plantas, pois os órgãos onde ocorreram maior translocação de assimilados foram as folhas, seguidos das raízes, caules e frutos. ROCHA (2009), também observou distribuição semelhante em seus estudos realizados com tomateiro cereja em cultivo hidropônico, onde obteve 38% de massa seca nas folhas, 36% no caule e 26% nos frutos.

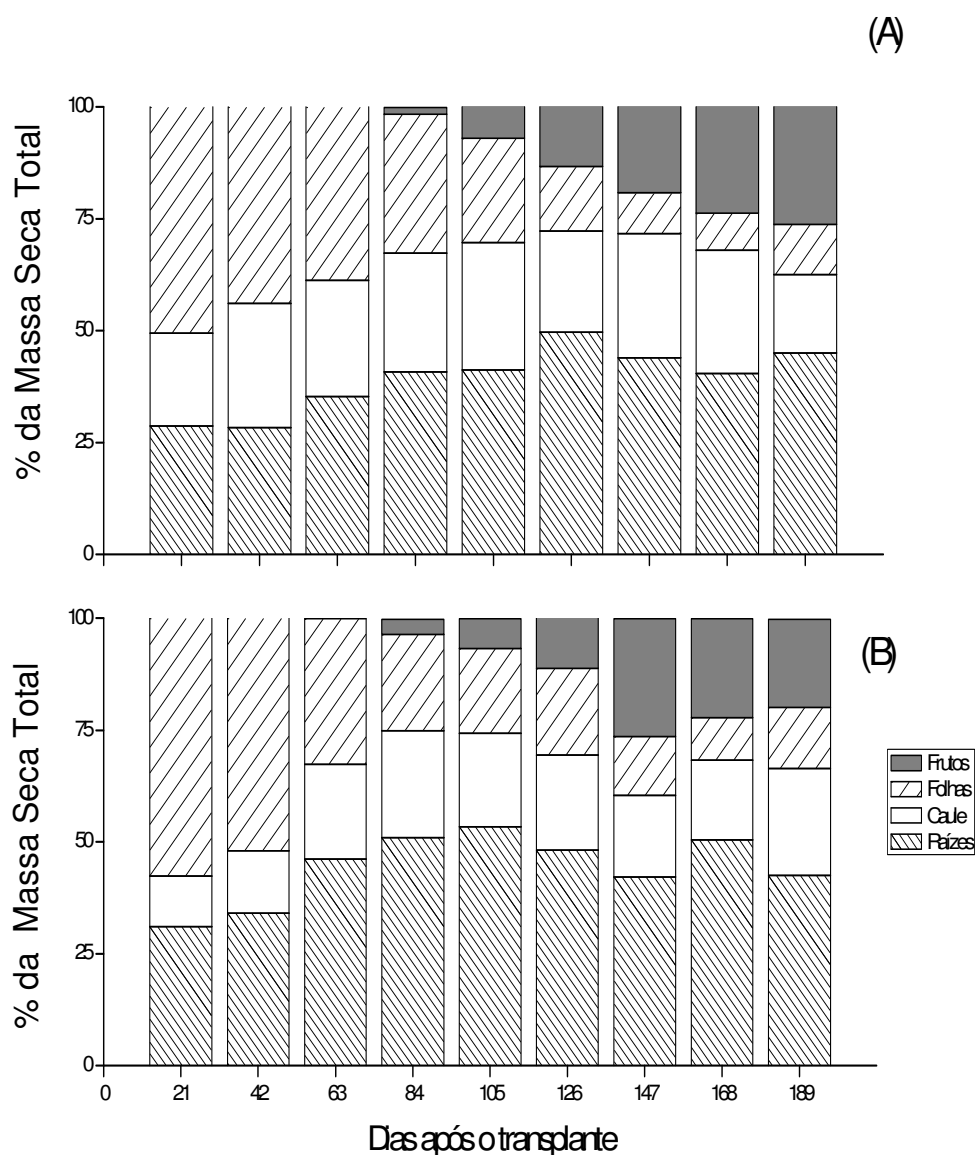


FIGURA 2: Distribuição de massa seca entre os órgãos das plantas de pimentas. A) *C. baccatum* e B) *C. frutescens* durante um ciclo de crescimento.

A maior percentagem de massa seca nas folhas, para ambas as espécies, foi observado no mesmo período (21 DAT), sendo que para as plantas da pimenta malagueta a percentagem foi maior do que a observada para as plantas da pimenta chapéu-de-frade (Figura 2). No início do ciclo vegetativo é normal as folhas apresentarem o maior acúmulo de carbono, pois a planta necessita de todo um mecanismo para a assimilação do CO_2 , que exerça a

função de suporte para a produção de biomassa e conseqüentemente a evolução de outras partes da planta (TAIZ & ZEIGER, 2004).

A maior percentagem de massa seca no caule foi observada durante a fase de frutificação, para ambas as espécies. Este fato ocorreu devido à translocação através desta estrutura, dos fotoassimilados produzidos nas folhas (fontes) para os outros órgãos que se encontravam em maior desenvolvimento.

Em plantas de feijão-caupi inoculadas com diferentes estirpes de bactérias fixadoras de nitrogênio, também foi observado este comportamento, segundo BORGES et al. (2008), após 45 dias de emergência das plântulas, quando já haviam iniciado a floração, o caule das mesmas começou a reter maior percentual de massa seca.

O sistema radicular das plantas de pimenta de ambas espécies apresentou maior percentagem de assimilados na coleta posterior a que encontrou-se o maior acúmulo nos caules, indicando que os fotoassimilados foram transportados para as raízes, de modo a terem um maior crescimento para interceptar uma quantidade suficiente de elementos necessários para o desenvolvimento de outras partes da planta.

Os frutos de ambas as espécies apresentaram percentagens de massa seca semelhante, em malagueta foi de 26% e em chapéu-de-frade de 26%, porém aos 147 e 189 DAT, respectivamente. De forma geral observa-se que a translocação dos assimilados para os frutos foi predominantemente a partir das folhas, visto que a percentagem de massa das folhas foi a que mais diminuiu quando ocorreu o aumento da massa nos frutos (Figura 2).

CONCLUSÃO

O crescimento das plantas das duas espécies apresenta comportamento diferente, sendo que para *C. frutencens* são identificados dois picos de máxima massa seca total, e para *C. baccatum* apenas um pico.

Os fotoassimilados de *C. frutencens* são preferencialmente direcionados para as folhas na fase inicial, aumentando o aparato fotossintetizante.

A distribuição de fotoassimilados em *C. baccatum* ocorre inicialmente no caule, permitindo a maior estatura adquirida pelas plantas.

Os órgãos de maior translocação de assimilados são as folhas, seguidos das raízes, caules e frutos para as duas espécies.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRIOLO, J.L.; LUDKE, L.; DUARTE, T.S. et al. Posição dos frutos e seus efeitos na repartição da matéria seca da planta do tomateiro. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.30, n.2, p.235-240, 2000.

ANTONIAZZI, N.; DESCHAMPS, C. Análise de crescimento de duas cultivares de cevada após tratamentos com elicitores e fungicidas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.36, n.4, p.1065-1071, 2006.

BACARIN, M.A.; LOPES, N.F.; BENINCASA, M. Crescimento de sorgo sacarino *Sorghum bicolor* (L.) Moench, cultivado em terrenos com diferentes exposições e declividades. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v.21, n.3, p.286-293, 1997.

BELTRÃO, N.E.M.; FILHO, J.F.; SOUZA, J.G. Produtividade, qualidade de fibra e análise do crescimento com estimativa da respiração, do algodão perene 7MH, nas condições ecofisiológicas do seridó paraibano, comparado a CNPA 5M. **Revista de Oleaginosas e fibrosas**, Campina Grande, v.4, n.1, p.13-21, 2000.

BORGES, P.R.S.; SIEBENEICHLER, S.C.; SABOYA, R.C.C. et al. Distribuição de fotoassimilados na parte aérea de plantas de feijão-caupi inoculadas com bactérias fixadoras de nitrogênio. In: IX Simpósio Nacional Cerrado, II Simpósio Internacional Savanas Tropicais, 2008. Brasília, **Desafios e estratégias para o equilíbrio entre sociedade, agronegócios e recursos naturais: Anais...** Tocantins: UFT, 2008.

CARDOSO, G.D.; ALVES, P.L.C.A.; BELTRÃO, N.E.M. et al. Uso da análise de crescimento não destrutiva como ferramenta para avaliação de cultivares. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, Campina Grande, v.6, n.2, p.79-84, 2006.

CHITARRA, M. I.; CHITARRA, A. B. **Pós-colheita de frutos e hortaliças: fisiologia e manuseio**. Revisão ampliada. Lavras: ESAL/FAEPE, 2005. p. 785.

COCKSHULL, K.E.; GRAVES, C.J.; CAVE, C.R.J. The influence of shading on yield of glasshouse tomatoes. **Journal of Horticulture Science**, Ashford Kent, v.67, n.1, p.11-24, 1992.

FRANÇA, M.G.C.; ROSSIELO, R.O.P.; ZONTA, E. et al. Desenvolvimento radicular e influxo de nitrogênio em duas cultivares de arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.34, n.10, p.1845-1853, 1999.

GARGANTINI, H; BLANCO, H.G. Marcha de absorção de nutrientes pelo tomateiro. **Bragantia**, Campinas, v.22, n.único, p.693-714, 1963.

JOLLIFFE, P.A.; GAYE, M-M. Dynamics of growth and yield component responses of bell peppers (*Capsicum annuum* L.) to row covers and population density. **Scientia Horticulturae**, Leuven, v.62, n.1, p.153-164, 1995.

LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. Maximum crop productivity: a estimate. **Crop Science**, Madison, v.3, n.1, p.67-72, 1963.

MADAIL, J.C.M.; SCHNEID, L.F., SIMA, L.F. et al. **Economia da produção de pimenta vermelha no município de Turuçu – RS**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. 27 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 19).

MONTEITH, J.L. Light interception and radiative exchange in crop stands. In: EASTIN, J.D.; HASKINS, F.A.; SULLIVAN, C.T. et al. (eds.). **Physiological aspects of crop yield**. Madison: American Society of Agronomy, 1969. p.89-111.

MOTSENBOCKER, C.E. In-row plant spacing affects growth and yield of pepperoncini pepper. **HortScience**, Alexandria, v.31, n.1, p.182-294, 1996.

MOURA, W.M.; LIMA, P.C.; CASALI, V.W. et al. Eficiência nutricional para fósforo em linhagens de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.19, n.3, p.306-312, 2001.

NTANOS, D.A.; KOUTROUBAS, S.D. Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. **Field Crops Research**, Oxford, v.74, n.1, p.93-101, 2002.

PEREIRA, A.R.; MACHADO, E.C. **Análise quantitativa do crescimento de comunidades vegetais**. Campinas: IAC, 1987, 33 p. (IAC. Boletim técnico, 114).

ROCHA, M.Q. **Crescimento, fenologia e rendimento do tomateiro cereja em cultivo hidropônico**. Pelotas, 2009. 129p. Dissertação (Mestrado em Sistemas de Produção Agrícola Familiar) – Faculdade de Agronomia “Eliseu Maciel”, Universidade Federal de Pelotas.

RODRIGUES, J.D.; RODRIGUES, S.D.; PEDRAS, J.F. et al. Diferentes níveis de cálcio e o desenvolvimento de plantas de estilosantes (*Stylosanthes guyanensis* (AUBL.) SW. Cv. "Cook"). **Science Agrícola**, Piracicaba, v.50, n.2, p.166-175, 1993.

SANTOS, A.B.; COSTA, J.D. Comportamento de variedades de arroz de sequeiro em diferentes populações de plantas, com e sem irrigação suplementar. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v.52, n.1, p.1-8, 1995.

SILVA, P.I.B. **Crescimento e partição de assimilados de pimentão em função de arranjos espaciais e espaçamentos na fileira**. Mossoró, 2008. 53p. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Faculdade de Agronomia, Universidade Federal Rural do Semi-Árido.

SILVA, R.R.; FREITAS, G.A.; SIEBENEICHLER, S.C. et al. Desenvolvimento inicial de plântulas de *Theobroma grandiflorum* (Willd. ex Spreng.) Schum. sob influência de sombreamento. **Acta Amazônica**, Manaus, v.37, n.3, p.365-370, 2007.

SOUZA, J.G.; BELTRÃO, N.E.M. Fisiologia. In: BELTRÃO, N. E. de M. (org.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: EMBRAPA-Comunicação para transferência de tecnologia, 1999. cap. 4, p.89-116.

SOUZA, J.G.; SILVA, J.V. Influência da manipulação genética do teor de acumulação de amido na raiz sobre a fenologia do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.27, n.9, p.1303-1306, 1992.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 3ª ed. Artmed. 2004. 719 p.

URCHEI, M.A.; RODRIGUES, J.D.; STONE, L.F. Análise de crescimento de duas cultivares de feijoeiro sob irrigação, em plantio direto e preparo convencional. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.3, p.497-506, 2000.

VEIGA, F.L.; SARDELLI, J.A.P.; FERRARI, J.V. et al. Avaliação dos teores foliares de clorofila, com o uso do SPAD-502, em função de cultivares e de regulador de crescimento em algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009. Foz do Iguaçu, **Sustentabilidade da Cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados: Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p.1186-1190.

YAMAZAKI, J-Y.; KAMIMURA, Y.; OKADA, M. et al. Changes in photosynthetic characteristics and photosystem stoichiometries in the lower leaves in rice seedlings. **Plant Science**, Limerick, v.148, n.2, p.155-163, 1999.

WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. **Advance in Agronomy**, New York, v.4, p.101-145, 1952.

ARTIGO 2

DESEMPENHO FOTOSSINTÉTICO DE DUAS ESPÉCIES DE PIMENTA DO GÊNERO *Capsicum*

Photosynthetic performance of two species of *Capsicum*

RESUMO: As espécies do gênero *Capsicum* em geral produzem frutos picantes, os quais são utilizados na gastronomia, na terapêutica, como instrumento de defesa, e muitas são ornamentais, porém faltam informações mais detalhadas a respeito de seu desenvolvimento que possibilitem a maximização de seu rendimento. O objetivo deste trabalho avaliar as características fotossintéticas de duas espécies de pimenta, *C. baccatum* L. e *C. frutescens* L. A produção de uma cultura é dependente do processo fotossintético, sendo este responsável por 90% da massa seca total da planta. Neste estudo analisou-se o ciclo de vida de duas espécies de pimenta conhecidas popularmente como chapéu-de-frade e malagueta. Foram cultivadas em casa de vegetação e avaliados aspectos que demonstram o desempenho fotossintético destas espécies, tais como: parâmetros da fluorescência das clorofilas *a*, os teores deste pigmento nas folhas e a fotossíntese potencial das plantas. Em *C. frutescens* observou-se os melhores resultados, sendo a espécie com maior aproveitamento da energia luminosa. Neste trabalho também foi comprovado que o uso das diferentes técnicas de análise utilizadas são eficientes para a caracterização do ciclo de vida de diferentes espécies.

Palavras-chave: fotossistema II, fotossíntese potencial, fluorescência das clorofilas, clorofila.

ABSTRACT: In general, species of the genus *Capsicum* produce spicy fruits, which are used in gastronomy, therapies, as defense instruments, being many also ornamental. However, more detailed information regarding its development is needed, so that its yield can be maximized. This work aims at analyzing the photosynthetic characteristics of two species of pepper, *C. baccatum* L. and *C. frutescens* L. The production of a crop is dependent on the photosynthetic process, which is responsible for 90% of the total dry mass of the plant. In this study, we analyzed the life cycle of two species of pepper popularly known as chapéu-de-frade and malagueta. They were cultivated in a greenhouse and some aspects that demonstrate the photosynthetic performance of these species were considered, such as chlorophyll *a* fluorescence parameters, contents of this pigment in leaves and the potential photosynthesis of plants. The best results were seen with *C. frutescens*, which showed the highest utilization of light energy. This work has also proved that the use of different analysis techniques is effective to characterize the life cycle of different species.

Key words: photosystem II, potential photosynthesis, fluorescence of chlorophylls, chlorophyll.

INTRODUÇÃO

As espécies do gênero *Capsicum* são originárias das regiões tropicais da América Latina, que em geral produzem frutos picantes (REIFSCHNEIDER, 2000), os quais são utilizados na gastronomia, na terapêutica, na defesa pessoal, como “spray de pimenta” (MADAIL et al., 2005), podendo ser utilizada também como plantas ornamentais.

A fotossíntese constitui a base da produção de uma cultura. Estima-se que 90% da massa seca total de um vegetal resultem diretamente do processo fotossintético (BENINCASA, 2003; JIAO et al., 2003). Segundo HALL & BRADY (1977), e HALL (1977) as folhas de pimentão possuem alta capacidade fotossintética, capazes de causar atraso na senescência foliar, mesmo após as folhas terem atingido a sua completa expansão. Este fato ocasiona aumento contínuo da massa seca das folhas com a idade das plantas (SILVA, 2008), e conseqüentemente a quantidade de assimilados em outras partes da planta.

LAWLOR (1995) relata que a produção de biomassa pode ser acrescida por meio de alterações da duração do crescimento da cultura, da sua taxa de crescimento ou ambos.

No processo fotossintético, ocorre uma série de reações, as quais são diretamente dependentes da luz (fase fotoquímica), como também com dependência indireta da luz (fase bioquímica). Na primeira fase, a luz é absorvida pelas moléculas de clorofila, as quais estão organizadas em complexos denominados fotossistemas (TAIZ & ZEIGER, 2004). A luz absorvida pode ser utilizada nas reações fotoquímicas, onde o excesso de energia é dissipado em forma de calor, ou reemitido como luz, num comprimento de onda maior (fluorescência da clorofila *a*). Estes três processos competem entre si, de maneira que o aumento da eficiência de um reduz a dos outros (MACHADO et al., 2006). Em contrapartida, os compostos sintetizados na fase fotoquímica (ATP e NADPH) são utilizados na fase bioquímica por enzimas hidrossolúveis nas reações de redução do carbono (TAIZ & ZEIGER, 2004).

A absorção e uso da energia luminosa pelos vegetais podem ser estimados através da análise da fluorescência das clorofilas *a*. De acordo com BAKER & ROSENQVIST (2004), mudanças na emissão da fluorescência das clorofilas *a* são indicativos de alterações na atividade fotossintética.

Demonstrações de que a fluorescência das clorofilas *a* pode ser usada para estimar, rapidamente e de forma não invasiva, a eficiência do transporte de elétrons através do fotossistema II (FS II) e que a eficiência de operação deste FSII está correlacionada à assimilação de CO₂, tem levado à utilização de parâmetros da fluorescência das clorofilas *a* com objetivo de examinar o

desempenho fotossintético de plantas sob condições de laboratório, em condições controladas e em campo (KRAUSE & WEIS, 1991; ALLAHVERDIEV et al., 1998; MOUGET & TREMBLIN, 2002; BAKER & ROSENQVIST, 2004; NETTO et al., 2005).

A produtividade de plantas de clima tropical pode ter alterações devido ao excesso de energia solar, sendo comum ocorrer queda nos valores de assimilação de CO₂ nos horários mais quentes do dia, este fenômeno é chamado de depressão da fotossíntese ao meio-dia (REIS & CAMPOSTRINI, 2008), e pode acontecer devido a um processo de fotoinibição (ÖGREEN, 1994). Porém, através da análise da fluorescência das clorofilas *a* muitos trabalhos comprovaram que a redução do processo fotossintético, pode decorrer de outros fatores como a regulação estomática (SU & LIU, 2005; REIS & CAMPOSTRINI, 2008), acentuada capacidade de reflexão da luz pela cutícula (ROBINSON et al., 1993), síntese e deposição de pigmentos não-fotossintéticos na epiderme superior da folha (LONG, 1983) e movimentos paraeliotrópicos (LUDLOW & BJÖRKMAN, 1984; KAO & FORSETH, 1992).

A avaliação durante todo o ciclo de desenvolvimento das plantas possibilita informações mais precisas, tais como variações nos parâmetros de fluorescência com as mudanças nos estádios de desenvolvimento das plantas (BACARIN & MOSQUIN, 2002), aliados a variação no conteúdo de clorofilas.

O presente trabalho teve como objetivo avaliar as características fotossintéticas de duas espécies de pimenta, *C. baccatum* e *C. frutescens*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de agosto de 2007 a abril de 2008, em casa de vegetação (Departamento de Botânica, Instituto de Biologia, da Universidade Federal de Pelotas), onde a temperatura média do ar foi 25°C, a densidade de radiação fotossinteticamente ativa em torno de 460 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ e o regime de irrigação controlado. Foram utilizadas sementes de *Capsicum baccatum* L. var. *pendulum* (Wild.) Eshbaugh (chapéu-de-frade ou cambuci) e *C. frutescens* L. (malagueta), as quais foram colocadas para germinar em bandejas alveoladas de plástico (80 células), contendo substrato Plantmax®. Quando 50% das plântulas apresentaram cinco folhas novas (21 dias), as mesmas foram transferidas para vasos com capacidade de dois litros contendo solo (Planossolo Solódico), e mantidas durante um ciclo de crescimento. Foram realizadas aplicações de solução nutritiva de Hoagland modificada (TAIZ & ZEIGER, 2004) aos 42, 84 e 126 dias após o transplante (DAT).

Aos 63 (DAT) foi realizada a primeira avaliação e repetida em intervalos de 21 dias. As determinações consistiram de: a) análise da fluorescência das

clorofilas, b) determinação da taxa de fotossíntese potencial, a qual foi estimada como taxa de evolução de ou liberação de O_2 e c) estimativa do teor de clorofilas. As determinações foram realizadas sempre na quarta e quinta folhas basais não destacadas.

A fluorescência das clorofilas foi determinada seguindo o modelo de ROHÁCEK (2002), para tanto foi utilizado um fluorômetro modulado (FMS-2, Hansatech, King's Lyonn, UK), onde as amostras foliares foram adaptadas ao escuro durante 20 minutos, quando receberam um fluxo de radiação igual a $0,12 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$ para a obtenção de F_0 (fluorescência inicial). A seguir, a fluorescência máxima (F_M) foi determinada durante um pulso de fótons saturante de 0,8 s ($3.000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$). Estes parâmetros básicos da fluorescência da clorofila foram usados para o cálculo da fluorescência variável ($F_V = F_M - F_0$) e a eficiência fotoquímica do FS II (F_V/F_M), caracterizando parâmetros do estado adaptado ao escuro.

Determinados os parâmetros da fluorescência da clorofila do estado adaptado ao escuro, as mesmas folhas foram submetidas à luz actínica associada à luz vermelha distante por um período de 5 minutos, permitindo a obtenção de F_S (fluorescência quando os processos de transporte de elétrons e as reações bioquímicas de redução do carbono acopladas estão equilibradas), F_M' (fluorescência máxima em estado adaptado à luz) e F_0' (fluorescência mínima em estado adaptado à luz). A partir desses parâmetros foram calculadas a fluorescência variável no estado adaptado à luz ($F_V' = F_M' - F_0'$), eficiência fotoquímica efetiva (F_V'/F_M'), o *quenching* fotoquímico, ou coeficientes de extinção fotoquímico $qP = (F_V - F_V')/F_V$ e Φ_{PS2} (produção quântica

fotoquímica efetiva do FS II) (ROHÁČEK, 2002). Os valores dos parâmetros de fluorescência foram normalizados para F_0 (ROHÁČEK & BARTAK, 1999).

O conteúdo de clorofilas foi determinado nas folhas utilizadas na avaliação anterior, por meio de um medidor portátil de clorofila (CL – 01, Hansatech, King's Lyonn, UK), pelo qual os resultados foram expressos em “índice de clorofilas”, conforme descrito por Cassol et al. (2008).

A taxa fotossintética potencial foi estimada nas mesmas folhas em que foram determinados os parâmetros anteriores, usando um eletrodo de oxigênio de fase gasosa (LeafLab 2, Hansatech, King's Lyonn, UK), com aproximadamente 5% de CO_2 no interior da câmara, fornecido por tampão carbonato, com temperatura de 30°C , mantida por banho circulante e fluxo de fótons de radiação fotossinteticamente ativa de $2000 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$, medido com sensor quântico (QSRED, Hansatech, King's Lyonn, UK).

Em cada espécie realizou-se o total de sete coletas, as quais foram constituídas de quatro repetições, onde cada repetição foi composta de uma planta por vaso. Os dados foram submetidos à análise de variância e as médias comparadas pelo teste Scott-Knott ao nível de 5%.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A eficiência fotoquímica máxima, F_V/F_M , a qual indica a máxima capacidade do fotossistema II (FS II) absorver energia luminosa e gerar separação de cargas no centro de reação do FS II, apresentou redução dos valores na última coleta (189 DAT) para ambas as espécies (Tabela 1), havendo um declínio devido o final do ciclo das mesmas, caracterizado pela senescência das folhas.

Os valores médios alcançados na relação F_V/F_M pelas espécies foram 0,807 para a pimenta chapéu-de-frade, e 0,845 para a pimenta malagueta (Tabela 1). Estes dados são muito próximos aos encontrados por BACARIN et al. (2008) em batatas da cultivar Baronesa e de plantas geneticamente transformadas, via sistema *Agrobacterium*, da mesma cultivar, na qual o genótipo não-transformado obteve (0,816) e o transformado (0,835).

De maneira semelhante, BJÖRKMAN & DEMMIG (1987), observaram a relação F_V/F_M , em diferentes espécies e ambientes, e encontraram um valor médio de 0,830. ZANANDREA et al. (2006), também encontraram valores aproximados nos trabalhos realizados com as variedades de feijão Carioca e

Expedito submetidas a diferentes concentrações de NaCl, onde encontraram a média de 0,806 para o controle e 0,826 para as plantas tratadas com 100 mmol L⁻¹ de NaCl.

TABELA 1: Eficiência fotoquímica máxima, eficiência fotoquímica efetiva, índice de clorofila, produção quântica fotoquímica efetiva, coeficiente de extinção fotoquímico e taxa de liberação de oxigênio ($\mu\text{mol O}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) de plantas das pimentas *C. baccatum* e *C. frutencens* cultivadas em casa de vegetação

		DIAS APÓS TRANSPLANTE						
		63	84	105	126	147	168	189
Eficiência fotoquímica máxima (F_V/F_M)	<i>C. baccatum</i>	0,781 A	0,848 A	0,791 A	0,812 A	0,847 A	0,844 A	0,830 A
	<i>C. frutencens</i>	0,832 A	0,870 A	0,855 A	0,840 A	0,874 A	0,868 A	0,824 A
Eficiência fotoquímica efetiva (F_V'/F_M')	<i>C. baccatum</i>	0,741 A	0,821 A	0,784 A	0,805 A	0,811 A	0,816 A	0,804 A
	<i>C. frutencens</i>	0,792 A	0,840 A	0,817 A	0,816 A	0,840 A	0,842 A	0,792 A
Índice de clorofila (u.r.)	<i>C. baccatum</i>	6,7B	4,2B	4,6B	3,0B	2,9B	5,2B	3,5B
	<i>C. frutencens</i>	9,8A	17,4A	15,7A	9,3A	9,8 A	8,1A	6,8A
Produção quântica fotoquímica efetiva (Φ_{PS2})	<i>C. baccatum</i>	0,720 A	0,802 A	0,755 A	0,772 A	0,799 A	0,801 A	0,786 A
	<i>C. frutencens</i>	0,772 A	0,828 A	0,807 A	0,794 A	0,817 A	0,821 A	0,780 A
Coeficiente de extinção fotoquímico (qP)	<i>C. baccatum</i>	0,968 A	0,977 A	0,960 A	0,959 A	0,985 A	0,981 A	0,978 A
	<i>C. frutencens</i>	0,957 C	0,985 A	0,988 A	0,973 B	0,972 B	0,975 B	0,986 A

Letras iguais na linha não diferem entre si pelo teste Scott-Knott dentro de cada espécie.

LI et al. (2004) estudaram a relação F_V/F_M para 99 espécies nativas com diferentes habitats da região da Mongólia e encontraram valores entre 0,57 a 0,79, com média 0,76, em função do tipo de planta, mecanismo fisiológico e local de crescimento, relatando para plantas C_3 um valor médio de 0,72. Da mesma forma, em folhas de sol, os valores típicos dessa relação estão em

torno de 0,8 ou um pouco abaixo de 0,8. Em folhas de sombra, valores estão sempre entre 0,83 e 0,85, com uma diferença em torno de 4%. Em valores abaixo de 0,725, as folhas certamente foram submetidas ao dano fotoinibitório (CRITCHLEY, 1998; MAXWELL & JOHNSON, 2000). Neste trabalho pode-se afirmar que as folhas das plantas não foram submetidas à fotoinibição, uma vez que os valores foram superiores.

A eficiência fotoquímica efetiva do FS II expressa a eficiência de transporte de elétrons pelo FSII em estado não-oxidado (F_V'/F_M') (FALQUETO et al., 2007), caracterizado pela contínua síntese de ATP, NADPH e concorrente fixação de gás carbônico (ROHÁČEK, 2002). Para este parâmetro verificou-se o mesmo comportamento observado na eficiência fotoquímica máxima das espécies, na qual as plantas apresentaram declínio na última coleta (189 DAT), onde a pimenta chapéu-de-frade obteve o valor médio de 0,775 e a pimenta malagueta 0,810 (Tabela 1).

FALQUETO et al. (2007) relatam em seus estudos realizados com três cultivares de arroz de ciclos de vida diferenciados, o mesmo comportamento de redução nos valores de F_V'/F_M' no final do ciclo (período de enchimento dos grãos). Segundo YAMAZAKI et al. (1999), este fato decorre pela queda nos teores de pigmentos fotossintéticos, reduções na razão entre a quantidade de fotossistema II em relação a quantidade de fotossistema I e degradação dos componentes protéicos dos fotossistemas.

Tal efeito pode ser comprovado pela análise do índice de clorofila nas folhas de ambas as espécies (Tabela 1), o qual diminuiu após o florescimento em pimenta chapéu-de-frade, e ao longo do período de frutificação em pimenta malagueta. Nas plantas da pimenta chapéu-de-frade o índice de clorofila foi

menor em comparação a pimenta malagueta, sendo o maior índice de clorofila (6,7) obtido aos 63 DAT. Após o início do florescimento das plantas, o índice de clorofila diminuiu rapidamente nas coletas seguintes, o que ocasionou diferenças significativas nos resultados obtidos, atingindo o valor mínimo de 2,9 aos 147 DAT. Nas coletas posteriores ao menor valor observado em pimenta chapéu-de-frade, houve um pequeno aumento no conteúdo de clorofila das folhas, pois nesta fase houve a formação de um maior número de folhas novas, caracterizando o rebrotamento dos entrenós. O índice de clorofila nas folhas de pimenta malagueta não apresentou diferença significativa durante o seu ciclo de vida, o maior valor (17,4) foi encontrado aos 84 DAT, ou seja, no início da frutificação, posteriormente os valores foram levemente reduzidos, obtendo o menor valor (6,8) na última coleta (189 DAT).

VEIGA et al. (2009), em seus estudos com as cultivares FMT 701 e SL 705 de algodoeiro, observou diferenças nos teores de clorofila aos 80 dias após a emergência das plântulas, demonstrando que o conteúdo deste, pode variar entre genótipos da mesma espécie.

A produção quântica fotoquímica efetiva do FS II (Φ_{PS2}) é obtida quando as folhas estão sob luminosidade, ou seja, realizando o processo fotossintético. Este parâmetro é extremamente útil porque representa a eficiência quântica efetiva das folhas, diferentemente da relação F_V/F_M que indica a eficiência máxima em estado adaptado ao escuro (BACARIN et al., 2008).

Ambas as espécies apresentaram redução dos valores na última coleta (189 DAT), sendo observado os valores médios de 0,756 para a pimenta chapéu-de-frade e 0,793 para a pimenta malagueta (Tabela 1). BACARIN et al. (2008) também observaram em seu trabalho com plantas de batatas da cultivar

Baronesa, e transformadas geneticamente, o mesmo comportamento de declínio no final do ciclo (93 DAP), onde plantas do genótipo transformado atingiram o valor médio de 0,790, e para o não transformado de 0,768. A redução em Φ_{PS2} pode ser atribuída à senescência das folhas associada à queda da atividade fotossintética.

O coeficiente de extinção fotoquímico (qP) representa a proporção da energia dos fótons capturada pelos centros de reação do FS II abertos e dissipada via transporte de elétrons (JUNEAU et al., 2005), refletindo o grau de oxidação e redução de Q_A . É responsável pelo decréscimo da fluorescência devido à separação de cargas fotoquímicas no centro de reação do FS II.

O valor médio verificado nas espécies foi de 0,972 para a pimenta chapéu-de-frade e 0,976 para a pimenta malagueta (Tabela 1), porém em pimenta chapéu-de-frade, os resultados não apresentaram diferença significativa ao longo do ciclo, diferentemente de pimenta malagueta, onde os maiores valores (0,988 e 0,986) foram obtidos aos 105 e 189 DAT, respectivamente, comprovando a redução de dissipação do excesso de energia sob forma de fluorescência nestes períodos. BACARIN et al. (2008), trabalhando com batatas em casa de vegetação, observaram um aumento em qP até os 79 dias após o plantio, quando as mesmas atingiram o seu maior valor (0,980), ainda foi possível um valor médio de 0,967 durante o ciclo para os genótipos estudados, os quais são muito próximos aos obtidos neste trabalho.

Quanto a taxa de liberação de O_2 , estimativa da taxa fotossintética potencial, ambas espécies demonstraram diferenças significativas para os resultados obtidos ao longo do ciclo (Figura 1). Em plantas de pimenta chapéu-de-frade foi obtido o valor máximo de $59,39 \mu\text{mol } O_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ aos 147 DAT

(Tabela 1), período em que houve maior coeficiente de extinção fotoquímico (qP) e elevada eficiência fotoquímica máxima, indicando alta atividade dos centros de reação do fotossistema II. Em pimenta malagueta ocorreram as maiores taxas de liberação de O_2 , e em períodos distintos, o primeiro aos 126 DAT ($71,75 \mu\text{mol } O_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), e o segundo aos 168 DAT ($64,77 \mu\text{mol } O_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$), no intervalo destes (147 DAT) houve um declínio devido à senescência e abscisão das folhas, as quais posteriormente surgiram novamente, aumentando a taxa fotossintética.

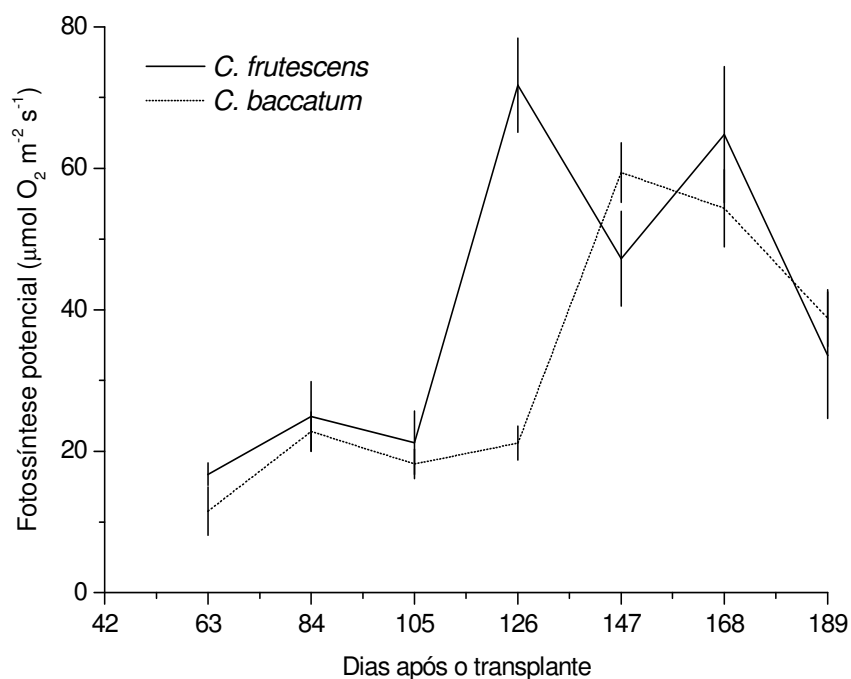


Figura 1: Taxa de evolução de oxigênio ($\mu\text{mol } O_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) em plantas das pimentas *C. baccatum* (- - -) e *C. frutescens* (-----) cultivadas em casa de vegetação.

CONCLUSÃO

O período reprodutivo diminui o teor de clorofilas presente nas folhas de ambas as espécies.

A senescência das folhas ao final do ciclo causa o declínio da eficiência fotoquímica máxima do fotossistema II (F_V/F_M), eficiência fotoquímica efetiva do FS II (F_V'/F_M') e a produção quântica efetiva do FS II (Φ_{PS2}).

A taxa de liberação de O_2 é diferente durante o ciclo de crescimento das plantas, apresentando pico em períodos diferentes.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLAHVERDIEV, S.R.; MAVITUNA, M.; GANIEVA, R. et al. Effects of salt stress and synthetic hormone polystimuline K on photosynthetic activity of *Trianea bogotensis* Karst. **Journal of Botany**, London, v.22, n.1, p.19-23, 1998.

BACARIN, M.A.; MOSQUIN, P.R. Cinética de emissão de fluorescência das clorofilas de dois genótipos de feijoeiro. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, n.4, v.26, p.705-710, 2002.

BACARIN, M.A.; SCHMITZ, D.D.; FALQUETO, A.R. et al. Características fotossintéticas de batata cv. Baronesa e seu genótipo transformado geneticamente para resistência ao PVY. **Horticultura Brasileira**, Brasília, v.26, n.3, p.383-387, 2008.

BAKER, N., ROSENQVIST, E. Applications of chlorophyll fluorescence can improve crop production strategies: an examination of future possibilities. **Journal of Experimental Botany**, London, v. 55, n.403, p.607-1621, 2004.

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas, noções básicas**. 2.ed. Jaboticabal: FUNEP, 2003. 41p.

BJÖRKMAN, O.; DEMMIG, B. Photon yield of O₂ evolution and chlorophyll fluorescence characteristics at 77 K among vascular plants of diverse origins. **Planta**, New York, v. 70, n.4, p.489-504, 1987.

CASSOL, D.; SILVA, F.S.P.; FALQUETO, A.R. et al. An evaluation of non-destructive methods to estimate total chlorophyll content. **Photosynthetica**, Prague, v.46, n.6, p.634-636, 2008.

CRITCHLEY, C. Photoinhibition. In: RAGHAVENDRA, A.S. (Ed.). **Photosynthesis: A comprehensive treatise**. Cambridge: Cambridge University Press, 1998. p.264-272.

FALQUETO, A.R.; CASSOL, D.; JÚNIOR, A.M.M. et al. Características da fluorescência da clorofila em cultivares de arroz com ciclo precoce, médio e tardio. **Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v.5, supl.2, p.579-581, 2007.

HALL, A.J. Assimilate source-sink relationship in *Capsicum annuum* L. I. The dynamics of growth in fruiting and deflorated plants. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.4, p.623-636, 1977.

HALL, A.J.; BRADY, C.J. Assimilate source-sink relationship in *Capsicum annuum* L. II Effects of fruiting and defloration on the photosynthetic capacity and senescence of the leaves. **Australian Journal of Plant Physiology**, v.4, p.771-783, 1977.

JIAO, D.; JI, B.; LI, X. Characteristics of chlorophyll fluorescence and membrane-lipid peroxidation during senescence of flag leaf in different cultivars of rice. **Photosynthetica**, Prague, v.41, n.1, p.33-41, 2003.

JUNEAU, P.; GREEN, B.R.; HARRISON, P.J. Simulation of Pulse-Amplitude-Modulated (PAM) fluorescence: limitations of some PAM-parameters in studying environmental stress effects. **Photosynthetica**, Prague, v.43, n.1, p.75-83, 2005.

KAO, W.-Y.; FORSETH, I.N. Diurnal leaf movement, chlorophyll fluorescence and carbon assimilation in soybean grown under different nitrogen and water availabilities. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.15, n.7, p.703-710, 1992.

KRAUSE, G.H.; WEIS, E. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: the basic. **Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology**, Palo Alto, v.42, p.313-349, 1991.

LAWLOR, D.W. Photosynthesis, productivity and environment. **Journal of Experimental Botany**, London, v.46, n.10, p.1449-1461, 1995.

LI, Y.G.; LI, L.H.; JIANG, G.M. Traits of chlorophyll fluorescence in 99 plants species from the sparse-elm grassland in Hunshandak Sandland. **Photosynthetica**, Prague, v.42, n.2, p.243-249, 2004.

LONG, S.P. C₄ photosynthesis at low temperatures. **Plant, Cell and Environment**, Oxford, v.6, n.3, p.345-363, 1983.

LUDLOW, M.M.; BJÖRKMAN, O. Paraheliotropic leaf movement in siratro as a protective mechanism against drought-induced damage to primary Photosynthetic reactions: damage by excessive light and heat. **Planta**, Heidelberg, v. 161, p.505-518, 1984.

MACHADO, E.C.; OLIVEIRA, R.F.; RIBEIRO, R.V. et al. Fluxo de seiva e fotossíntese em laranjeira “Natal” com clorose variegada dos citros. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p.911-918, 2006.

MADAIL, J.C.M.; SCHNIED, L.F., SIMA, L.F. et al. **Economia da produção de pimenta vermelha no município de Turuçu – RS**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, 2005. 27 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 19).

MAXWELL, K.; JOHNSON, G.N. Chlorophyll fluorescence – a practical guide. **Journal of Experimental Botany**, London, v.51, n.345, p.659-668, 2000.

MOUGET, J.; TREMBLIN, G. Suitability of the fluorescence monitoring system (FM, Hansatech) for measurement of photosynthetic characteristics in algae. **Aquatic Botany**, Amsterdam, v.74, n.3, p.219-231, 2002.

NETTO, A.T.; CAMPOSTRINI, E.; OLIVEIRA, G.J. et al. Photosynthetic pigments, nitrogen, chlorophyll *a* fluorescence and SPAD-502 readings in coffee leaves. **Scientia Horticulturae**, Leuven, v.104, n.2, p.199-209, 2005.

ÖGREEN, E. The significance of photoinhibition for photosynthetic productivity. In: BAKER, N.R.; BOWYER, J.R. (Eds.). **Photoinhibition of photosynthesis from molecular mechanisms to the field**. Oxford: BIOS Science Publishers, 1994. p.433-447.

REIFSCHNEIDER, F.J.B. **Capsicum – Pimentas e pimentões no Brasil**. Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia / Embrapa Hortaliças, Brasília, 2000. 113 p.

REIS, F.; CAMPOSTRINI, E. Trocas gasosas e eficiência fotoquímica potencial em mamoeiro do grupo “Formosa” cultivado em condição de campo. **Bragantia**, Campinas, v.67, n.4, p.815-822, 2008.

ROBINSON, S.A.; LOVELOCK, C.E., OSMOND, C.B. Wax as a mechanism for protection against photoinhibition - a study of *Cotyledon orbiculata*. **Botanica Acta**, New York, v. 106, n.4, p.307-312, 1993.

ROHÁČEK, K. Chlorophyll fluorescence parameters: the definitions, photosynthetic meaning, and mutual relationships. **Photosynthetica**, Prague, v. 40, n.1, p.13-29, 2002.

ROHÁČEK, K.; BARTAK, M. Technique of the modulated chlorophyll fluorescence: basics concepts, useful parameters, and some applications. **Photosynthetica**, Prague, v. 37, n.3, p.339-363, 1999.

SILVA, P.I.G. **Crescimento e partição de assimilados de pimentão em função de arranjos espaciais e espaçamentos na fileira**. Mossoró, 2008. 53p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade Rural do Semi-Árido.

SU, P.; LIU, X. Photosynthetic characteristics of linze jujube in conditions of high temperature and irradiation. **Scientia Horticulturae**, Leuven, v. 104, n.3, p.339-350, 2005.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719p.

VEIGA, F.L.; SARDELLI, J.A.P.; FERRARI, J.V. et al. Avaliação dos teores foliares de clorofila, com o uso do SPAD-502, em função de cultivares e de regulador de crescimento em algodoeiro. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 7., 2009. Foz do Iguaçu, **Sustentabilidade da Cotonicultura Brasileira e Expansão dos Mercados: Anais...** Campina Grande: Embrapa Algodão, 2009. p.1186-1190.

YAMAZAKI, J-Y.; KAMIMURA, Y.; OKADA, M. et a. Changes in photosynthetic characteristics and photosystem stoichiometries in the lower leaves in rice seedlings. **Plant Science**, Limerick, v.148, n.2, p.155-163, 1999.

ZANANDREA, I.; NASSI, F. L.; TURCHETTO, A.C. et al. Efeito da salinidade sob parâmetros de fluorescência em *Phaseolus vulgaris*. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.12, n.2, p. 157-161, 2006.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

As pimentas constituem um grupo de especiarias com potencial comercial para vários ramos da agroindústria, no Brasil o cultivo tem sido crescente a cada ano, assim como as pesquisas em busca de genótipos mais promissores para a economia, porém informações sobre a fisiologia destas espécies são poucas, havendo pouco conhecimento a respeito do crescimento das mesmas, e nenhum sobre o desempenho fotossintético destas.

Neste estudo realizado com as pimentas chapéu-de-frade (*C. baccatum* var. *pendulum*) e malagueta (*C. frutescens*) cultivadas sob condições controladas, constata-se os diferentes aspectos que envolvem o desenvolvimento das mesmas. Em condições convencionais, onde o cultivo é realizado em ambiente não protegido, geralmente são cultivadas como plantas anuais, porém podem apresentar comportamento de plantas bianuais quando lhes é fornecido um ambiente favorável.

O comportamento fenológico das duas espécies é semelhante, pois apresentam o estágio de florescimento e frutificação na mesma fase do ciclo, ainda desenvolvem seus frutos primeiramente em diâmetro e posteriormente em comprimento.

A área foliar demonstra ser um fator importante para o crescimento das espécies, porém pode apresentar dinâmica de crescimento distinto, através do aumento da dimensão das folhas como em pimenta chapéu-de-frade, ou através do aumento do número de folhas como em pimenta malagueta. Além

da contribuição da área foliar, o teor de clorofilas das folhas pode determinar o potencial para maior produção de biomassa, e conseqüentemente da produtividade.

Tal fato é comprovado pelos maiores valores encontrados na eficiência fotoquímica máxima (F_V/F_M), eficiência fotoquímica efetiva (F_V'/F_M') e a produção quântica efetiva do FS II (Φ_{PS2}) no período de maior teor de clorofilas.

A maneira como é feita a distribuição de assimilados entre os órgãos das plantas influi diretamente a produtividade, sendo mais eficiente quando estes são direcionados inicialmente às folhas, de modo a investir na fonte de produção de assimilados para o desenvolvimento de outras partes da planta.

As diferentes respostas dos parâmetros analisados, nas fases de maiores taxas de liberação de O_2 em pimenta malagueta, tornam necessária a aplicação de outras avaliações que possibilitem explicar melhor o fluxo de elétrons pelos fotossistemas. Dessa maneira, seriam recomendável estudos que avaliassem a influência de outros fatores que podem afetar o processo fotossintético, como: a regulação estomática, as trocas gasosas, a síntese e deposição de pigmentos não-fotossintéticos na epiderme superior da folha e movimentos paraeliotrópicos.