

ISSN 0104-1347

Influência da temperatura do ar e radiação solar no acúmulo de fitomassa da alface¹

Influence of the air temperature and solar radiation in the dry-matter of lettuce accumulation

Braulio Otomar Caron², Sandro Luis Petter Medeiros³, Paulo Augusto Manfron⁴, Denise Schmidt⁵, Sandro Felisberto Pommer⁶ e Cleusa Bianchi⁶

Resumo - O crescimento das plantas é influenciado pelas condições meteorológicas. Dessa forma, os cultivos dentro e fora de estufa ganham dimensões diferentes, uma vez que as variáveis meteorológicas sofrem alterações em decorrência da cobertura plástica. Neste sentido, o presente trabalho foi conduzido em estufa plástica e ambiente natural, e teve como objetivo quantificar a ação das variáveis meteorológicas sobre o crescimento da alface conduzida nos dois ambientes. Os experimentos foram conduzidos na primavera de 1999 e no verão, outono e inverno de 2000, utilizando-se a cultivar Regina. Nos dois ambientes, foram quantificadas a radiação solar global incidente, a temperatura máxima e mínima do ar, bem como a taxa de crescimento da cultura. O crescimento da alface ocorreu mesmo com baixos valores de radiação solar global que incidiam no interior da estufa, e foi observado no cultivo de outono uma taxa de crescimento de 0,048 g dia⁻¹ em uma condição média semanal de 4,4 MJ m⁻² dia⁻¹. As temperaturas máximas afetaram, porém não cessaram o crescimento visto que foi observado um valor de 0,099 g dia⁻¹ em condição de média das máximas igual a 37,2°C. No outro extremo, com valor de temperatura média das mínimas do ar igual a 2,1°C, ainda foi verificado crescimento com um acúmulo de fitomassa igual 0,024 g dia⁻¹.

Palavras-chave: crescimento, alface, temperatura, radiação solar incidente.

Abstract - The crop growth is influenced by meteorological conditions. In that way, the crop growing inside greenhouse and field conditions are submitted at different meteorological conditions. The present work was conducted under greenhouse and field conditions with the objective to quantify the action solar radiation and air temperature in growth of lettuce. The experiments were carried out in spring of 1999 and summer, fall and winter 2000. The Regina cultivar was used. The global solar radiation was not limiting for the lettuce growth inside greenhouse, since there was observed a growth of 0.048 g day⁻¹ on the with average global solar radiation incident of 4.4 MJ m⁻² day⁻¹. Maximum and minimum affected crop growth, but it was not stopped. In condition of the maximum average temperature equal, 37°C growth rate was 0.099 g day⁻¹ and at the other extreme, in condition of the minimum average temperature was 2.1°C growth rate that was 0.024 g day⁻¹.

Key words: growth, lettuce, temperature, radiation solar incident.

¹Extraído da tese de doutorado do primeiro autor.

²Dr. Prof. Adj. Depto de Agronomia da UNIR- Campus Rolim de Moura. RO.. E-mail: otomarcaron@yahoo.com.br

³Dr. Prof. Adjunto do Departamento de Fitotecnia, CCR, Universidade Federal de Santa Maria.

⁴Dr. Prof. Titular do Departamento de Fitotecnia, CCR, Universidade Federal de Santa Maria.

⁵Dr. Prof. Adj. Depto de Agronomia da UNIR- Campus Rolim de Moura. RO.

⁶Engenheiro (a) Agrônomo(a).

Introdução

A quantidade e a qualidade da radiação solar global incidente que atinge o dossel vegetativo pode limitar o acúmulo de fitomassa. De acordo com a FAO (1990), valores abaixo de $8,4 \text{ MJ m}^{-2}\text{dia}^{-1}$ são considerados como limitantes para o crescimento das hortaliças de verão. De acordo com BURIOL *et al.* (2000), em condições naturais, a radiação solar global incidente pode tornar-se limitante para a cultura do tomateiro nos meses de junho e julho nas regiões da Depressão Central, Campanha, Serra do Nordeste e Litoral do Rio Grande do Sul. Em ambientes parcialmente protegidos, a limitação seria maior, pois segundo BURIOL *et al.* (1995), o policloreto de vinil (PVC), com 200μ de espessura, possui 82% de transmissividade à radiação de onda curta.

Para as condições de Pelotas, RS, FARIAS *et al.* (1993b) observaram que, no interior de estufa plástica, coberta com polietileno de baixa densidade (PEBD), em média 45% da radiação solar global incidente correspondeu à radiação difusa, ao passo que no meio externo esse percentual correspondeu a 24%. Do mesmo modo, CAMACHO *et al.* (1995), no mesmo local, constataram que no interior de estufa plástica com PEBD, em média 55% da radiação solar global incidente correspondeu à radiação difusa. Por sua vez, esta tem sua importância por ser multidirecional, o que lhe permite penetrar melhor no dossel vegetativo e pode ser uma das causas do maior crescimento de plantas no interior de estufas, apesar da menor disponibilidade da radiação solar global incidente (BURIOL *et al.*, 1995).

Para a região de Santa Maria, RS, os valores médios de temperatura mínima do ar verificados no interior de estufa foram 1 a 3°C superiores às aquelas observados em abrigo meteorológico instalado na estação meteorológica (DALMAGO *et al.*, 1994). HELDWEIN *et al.* (1995) observaram que a média da temperatura mínima do ar foi 2°C , maior na altura de 1,5m no interior da estufa, chegando essa diferença em média a $2,6^{\circ}\text{C}$, em dia com formação de geada forte, em relação à condição padrão da estação meteorológica.

A cobertura plástica é mais efetiva no aumento dos valores de temperatura máxima do ar do que nos de temperatura mínima no interior das estufas, e estas, quando elevadas, podem exercer ação desfavorável ao desenvolvimento das plantas. FARIAS *et al.* (1993a) verificaram que as médias das temperaturas

máximas do ar foram maiores no interior da estufa, diferindo de $1,2$ a $4,4^{\circ}\text{C}$ das observadas externamente. Num dia claro, as diferenças de temperatura variaram entre $0,5$ a 9°C , e as maiores diferenças foram observadas no período da tarde.

De acordo com FILGUEIRA (1982), a temperatura máxima do ar tolerada pela alface é 30°C . JOUBERT & COERTZE (1982) mencionam que a temperatura diurna favorável para o crescimento da alface situa-se entre 17 e 28°C e a noturna entre 2 e 12°C . Para SANCHES *et al.* (1989), as temperaturas médias, das máximas de 21°C e das mínimas de 4°C são consideradas as extremas para promoverem o crescimento e desenvolvimento desta cultura.

Para as hortaliças de verão, a temperatura do ar durante a fase clara do dia não deveria ultrapassar os 25°C , pois é a que representa o melhor balanço entre fotossíntese e respiração. Do mesmo modo, as temperaturas noturnas não deveriam ficar abaixo de 15°C pois comprometeriam o crescimento das culturas (ANDRIOLO, 1999).

A eficiência das plantas em relação a esses fluxos é influenciada pelas condições ambientais, principalmente, a radiação solar global incidente e a temperatura do ar. Para tanto, a quantificação dessas variáveis meteorológicas e a sua ação sobre o acúmulo de fitomassa possibilitarão determinar a potencialidade do uso de um ambiente de cultivo. Para tanto, o objetivo deste trabalho foi determinar a influência da densidade de fluxo de radiação solar global incidente e a interferência dos valores extremos de temperatura do ar sobre o acúmulo de fitomassa de alface cultivada em ambiente estufa e natural nas diferentes estações do ano.

Material e métodos

Foram conduzidos seis experimentos no Núcleo de Pesquisa em Ecofisiologia e Hidroponia do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, RS, (latitude: $29^{\circ}42'S$, longitude: $53^{\circ}42'W$, altitude: 95m). O clima da região, segundo a classificação de KÖPPEN, é subtropical úmido, com verões quentes (MORENO, 1961).

Os experimentos foram conduzidos em ambientes estufa e natural. A estufa utilizada foi o modelo arco pampeana com 250m^2 , disposta no sentido norte-sul, coberta com policloreto de vinil (PVC) de 200μ de espessura.

O leito de cultivo foi constituído de calhas de cimento amianto do tipo “calhetão”, medindo 6,70m de comprimento por 0,92m de largura na parte superior (medida interna entre bordas), com 0,48m de profundidade e 0,27m de altura. Os calhetões foram fixados no solo e, sobre o leito de cultivo, colocou-se um filme preto de polietileno de baixa densidade, com 35 μ de espessura. O substrato constituiu-se de húmus e casca de arroz natural, na proporção de 60% e 40% respectivamente, contendo em média 48% de capacidade de retenção de água. Os calhetões com substrato foram cobertos com filme plástico dupla face. Sob ele, instalou-se um sistema de irrigação por gotejamento para distribuição da solução nutritiva.

Em cada calhetão foram cultivadas três fileiras de 21 plantas, num total de 63 plantas. A fileira central de cada calhetão foi utilizada como área útil para retirada das plantas para as determinações fenométricas.

A fertirrigação foi realizada com a solução nutritiva proposta por CASTELLANE & ARAÚJO (1995), utilizando-se 50% da concentração indicada para os macronutrientes e 100% para os micronutrientes.

O cultivo no ambiente natural foi realizado em área adjacente à estufa, em solo do tipo Argisolo vermelho-amarelo distrófico arênico. O preparo do solo foi realizado com a passagem de enxada rotativa e formação dos canteiros nas dimensões de 7,00 m de comprimento, 1,00 m de largura e cerca de 0,10 m de altura. A calagem e adubação química foram realizadas com base nos resultados da análise química de solo e recomendações para a cultura da alface (COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO, 1995). O nitrogênio foi aplicado na forma de uréia, sendo um terço aplicado no preparo dos canteiros e os dois terços restantes foram aplicados em cobertura na seguinte

forma: 60 g/canteiro aos 19, 36 e 38 dias julianos; 100 g/canteiro aos 50, 59, 69 e 79 dia juliano; 150 g/canteiro aos 133, 158, 200, 217 e 235 dias julianos.

A estimativa dos volumes de água a serem fornecidos pela irrigação por gotejamento no ambiente natural foi realizada com base na evapotranspiração máxima da cultura (ET_m) de acordo com o cálculo da evapotranspiração de referência (ET_o), determinada pelo Método de Penman-Monteith (PEREIRA et al., 1997), a partir dos elementos meteorológicos medidos na estação meteorológica.

Utilizou-se a cultivar Regina, com espaçamento de 0,30m entre plantas e 0,30m entre fileiras, coincidindo com o espaçamento dos gotejadores. Conduziram-se sete experimentos na primavera, verão, outono e inverno, entre setembro de 1999 e junho de 2000 (Tabela 1). A semeadura foi realizada em bandejas, preenchidas com substrato agrícola. Após semeadura, as bandejas foram colocadas em sistema de piscina “floating” no interior de uma estufa de PVC. Quando as plantas atingiram 4 a 5 folhas definitivas, foi efetuado o transplante para os experimentos de campo e estufa.

No interior da estufa, os valores de temperatura do ar foram registrados por termohigrógrafo instalado em abrigo meteorológico a 1,5m do solo, localizado no centro da estufa.

A temperatura média do ar (°C), para ambos os ambientes, foi calculada com base na fórmula:

$$T_m = \frac{T_{9h} + T_x + T_n + 2(T_{21h})}{5} \quad (1)$$

em que T_m é a temperatura média do ar; T_{9h}, a temperatura do ar às nove horas; T_x, a temperatura máxima do ar; T_n, a temperatura mínima do ar e T_{21h}, a temperatura do ar às vinte e uma horas.

Tabela 1. Datas de semeadura, transplante e colheita da alface nos experimentos em diferentes épocas do ano, no ambiente estufa (AE) e no ambiente natural (AN). Santa Maria, RS, 1999/2000.

Época	Semeadura	Transplante	Colheita	
			Ambiente Estufa	Ambiente natural
Primavera	29-09-1999	03-11-1999	26-11-1999	07-12-1999
Verão 1	18-12-1999	07-01-2000	04-02-2000	08-02-2000
Verão 2	04-01-2000	26-01-2000	22-02-2000	25-02-2000
Verão 3	19-01-2000	08-02-2000	07-03-2000	17-03-2000
Verão-Outono	10-02-2000	07-03-2000	04-04-2000	14-04-2000
Outono	21-03-2000	28-04-2000	26-05-2000	23-06-2000
Inverno	06-06-2000	04-07-2000	22-08-2000	05-09-2000

Os valores diários de temperatura máxima e mínima do ar foram obtidos a partir dos valores extremos registrados diariamente, no termohigrógrafo, na estufa e na estação meteorológica. Os valores médios de temperatura máxima (Tx) e temperatura mínima do ar (Tn) foram calculados entre os períodos de coleta de plantas.

Os valores de temperatura máxima e mínima do ar foram obtidos a partir dos extremos observados diariamente, no termohigrógrafo e na estação meteorológica.

A radiação solar global incidente foi estimada pela equação de Ångström modificada por Prescott e Penman, com os coeficientes ajustados para Santa Maria - RS (ESTEFANEL *et al.*, 1990). Os valores dos elementos meteorológicos necessários para a estimativa foram obtidos na estação meteorológica da UFSM, situada a 100m da área experimental. Com base nos valores diários obtidos na estação meteorológica, calcularam-se os valores médios de radiação solar global incidente entre os períodos de coleta de plantas.

A transmissividade do filme de cobertura da estufa foi medida no início de cada cultivo, utilizando-se um piranômetro, obtendo-se os valores de 65% nos cultivos de inverno e outono e 70% para os cultivos de verão, verão/outono e primavera. Os percentuais foram utilizados para estimar a radiação solar global incidente no interior da estufa, com base nos valores determinados para o ambiente natural.

As plantas foram coletadas às terças e sextas-feiras nos cultivos de primavera e verão. Nos cultivos de verão/outono, outono e inverno as coletas realizadas foram todas às sextas-feiras. Em cada co-

leta foram amostradas três plantas por ambiente de cultivo. As variáveis avaliadas para determinar o crescimento da cultura foram a fitomassa seca total da parte aérea da planta, que foi subdividida em fitomassa seca de folhas, caule e restos (folhas menores que 5cm). As avaliações foram realizadas, concomitantemente, no interior de estufa plástica e ambiente natural.

A partir da fitomassa seca total, calculou-se a taxa de crescimento absoluto (TCA) da cultura descrita por BENINCASA (1988):

$$TCA = \frac{F_2 - F_1}{T_2 - T_1} \quad (2)$$

em que o termo $(F_2 - F_1)$ é a diferença de fitomassa seca de amostras sucessivas (g) e o termo $(T_2 - T_1)$ é a diferença de tempo decorrido entre amostragens sucessivas (dia).

O valor mínimo de fitomassa verde de referência, para se considerar encerrado o período experimental, foi 200 g por planta.

Resultados e discussão

A radiação solar global incidente, no ambiente natural, oscilou entre o valor máximo de 24,4 MJ m⁻² dia⁻¹ no cultivo de primavera aos 333 dias julianos e mínimo de 3,9 MJ m⁻² dia⁻¹ na estação de inverno aos 194 dia juliano (Figura 1b). Para o ambiente estufa nos mesmos dias, a radiação solar global incidente oscilou de 17,1 a 2,5 MJ m²dia⁻¹, respectivamente (Figura 1a).

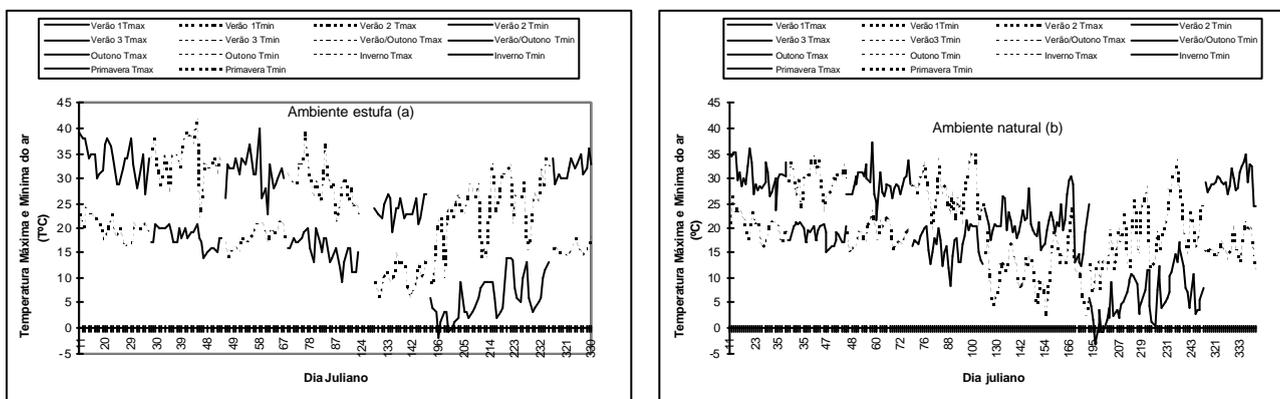


Figura 2. Variação diária da temperatura máxima e mínima do ar nas diferentes estações de cultivo em ambiente estufa (a) e ambiente natural (b). Santa Maria, RS - 1999/2000.

A temperatura do ar atingiu valor máximo de 42°C no cultivo de verão aos 44 dia juliano no ambiente estufa e 37,2°C aos 58 dias julianos no ambiente natural. O valor mínimo observado foi -2°C em ambiente estufa e -2,9°C em ambiente natural, sendo ambas observadas no cultivo de inverno aos 196 dias julianos. As médias das temperaturas mínimas no ambiente estufa em todos os cultivos foram menores que as atingidas no ambiente natural (Figura 2).

Verificou-se crescimento da alface (Tabela 2) mesmo com a ocorrência de baixos valores de radiação solar global incidente (Figura 1a,b) como foi constatado nas épocas de outono e inverno, no ambiente estufa. Nessas épocas foram observados valores médios de 6,0 e 6,8 MJ m²dia⁻¹, respectivamente, durante o ciclo.

As diferenças de fitomassa final observadas entre os ambientes (Tabela 2) foi decorrente sobretudo da metodologia aplicada para a colheita, ou seja, considerou-se o valor mínimo de fitomassa de 200 g para encerrar o experimento. Assim, respeitando-se os dia de coleta ocorreu o fato de que, em um determinado dia de amostragem, a fitomassa estava próximo, porém abaixo do valor mínimo, conseqüentemente, na próxima amostragem estava acima do valor estipulado.

No verão, a diferença entre os valores de temperatura do ar dentro e fora da estufa foi menor devido ao maior período de abertura da estufa (Figuras 1a e 1b). No inverno, a estufa permaneceu um maior período de tempo fechada ocasionando maiores diferenças de temperatura do ar entre os ambientes. Dessa forma, os maiores valores de temperatura do ar na estufa possibilitaram melhores condições térmicas para o crescimento da alface.

Quando se comparou o cultivo nos dois ambientes, constatou-se uma diferença na duração do período de cultivo para atingir o ponto de colheita estipulado, ou seja, 200 g de fitomassa verde de alface. A maior diferença no período de cultivo entre os ambientes foi observada no cultivo de outono quando, no ambiente natural, foram necessários 28 dias a mais para atingir a fitomassa estipulada. A menor diferença entre os ambientes foi observada no cultivo de verão 2 onde foram necessários três dias a mais no ambiente natural para atingir o ponto de colheita estipulado (Tabela 2). Na estufa, a maior diferença foi observada entre os cultivos de inverno e primavera, pois foram necessários mais 26 dia para atingir a fitomassa estipulada no cultivo de inverno em relação ao de primavera. Por outro lado, no ambiente natural, a maior diferença foi observada entre os cultivos de inverno e verão 2 uma vez que foram necessários 33 dias a mais para atingir a fitomassa estipulada no cultivo de inverno em relação ao cultivo de verão 2 (Tabela 2).

No ambiente estufa ocorreu maior crescimento da cultura em todas as estações de cultivo, o que é justificado pelas melhores condições meteorológicas neste ambiente, principalmente nos valores de temperatura do ar (Figura 2). A maior eficiência térmica do ambiente estufa foi confirmada pela antecipação dos dias necessários para atingir a fitomassa estipulada (Tabela 2). Os cultivos de verão, verão/outono e outono atingiram a fitomassa estipulada aos 28 dias, em média, após o transplante no ambiente estufa; contra 38 dias, em média, após o transplante no ambiente natural.

O cultivo de outono, no ambiente estufa, atingiu a fitomassa estipulada aos 28 dias após o trans-

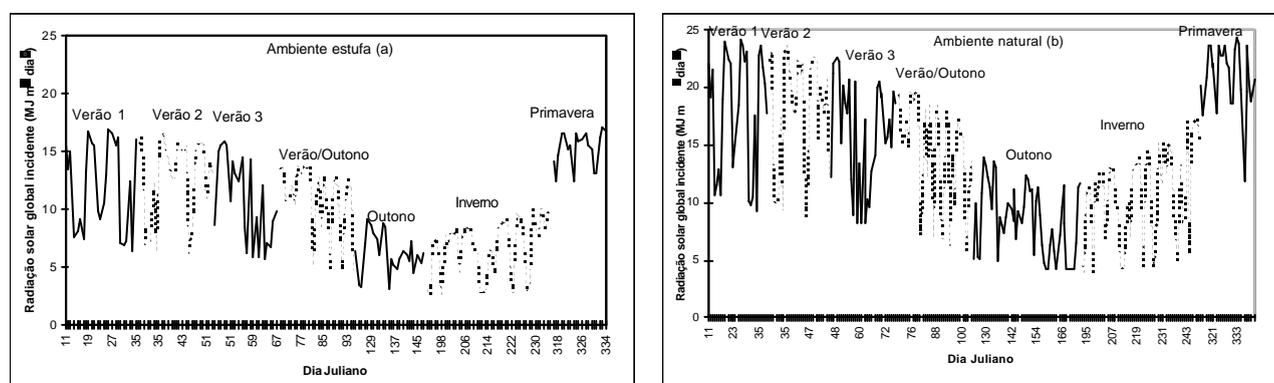


Figura 1. Variação diária da radiação solar global incidente nas diferentes estações de cultivo em ambiente estufa (a) e ambiente natural (b). Santa Maria, RS - 1999/2000.

Tabela 2. Acúmulo de fitomassa seca da parte aérea (total e de folhas) em alface, Cv. Regina, e dias necessários para colheita nos diferentes cultivos em ambiente estufa e natural. Santa Maria, RS - 1999/2000.

Épocas	DAT*		Fitomassa folhas (g)		Fitomassa total (g)	
	Estufa	Natural	Estufa	Natural	Estufa	Natural
Verão 1	28	32	6,534abA	13,605bcA	8,097aA	14,239abA
Verão 2	27	30	10,453abA	10,130abcA	13,343aA	12,286abA
Verão 3	28	38	9,432abA	8,880bcA	12,440aA	10,781abA
Verão/outono	28	38	7,696abA	7,220cA	8,660aA	8,752bA
Outono	28	56	6,559bA	10,579abcA	7,109aA	12,333abA
Inverno	49	63	11,803aA	12,611abA	12,953aA	14,160abA
Primavera	23	34	10,779abA	13,605aA	12,593aA	16,239aA

* Dia após o transplante. Médias não ligadas pela mesma letra minúsculas nas colunas e maiúsculas nas linhas, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

plante, ou seja, em média, o mesmo número de dias que os cultivos de verão necessitaram para atingir a fitomassa estipulada. Os valores de temperatura média do ar nos cultivos de verão foram 24,8°C e de 17,8°C no cultivo de outono em que os valores médios de temperatura máxima do ar (Txm) foram 33,4°C e 23,9°C, respectivamente. O cultivo de inverno, no ambiente estufa, atingiu a fitomassa estipulada aos 49 dias após o transplante. O valor Txm foi 24,3°C e a temperatura mínima média do ar (Txn) foi 5,9°C.

No cultivo de verão, as temperaturas máximas do ar podem diminuir o crescimento da cultura (Figura 3e) ao interferir, conforme cita ANDRIOLO (2000), no mecanismo de abertura e fechamento de estômatos, assimilação do CO₂ para a fotossíntese, distribuição de fotoassimilados e expansão foliar. A distribuição de fotoassimilados ficaria restrita ao período noturno quando as temperaturas diminuem. No inverno, as temperaturas noturnas nem sempre atingiram a temperatura base (Figura 3d) para promover a distribuição de fotoassimilados e a expansão das células epidérmicas.

A taxa de crescimento absoluto (TCA) variou com o estágio de desenvolvimento das plantas, com a disponibilidade de radiação solar incidente e com os valores de temperatura do ar (Figura 3). Os menores valores da taxa de crescimento absoluto foram observados na fase inicial de crescimento da planta. Entretanto, para essa fase, constataram-se diferenças na taxa de crescimento absoluto entre as estações de cultivo e mesmo entre os ambientes de cultivo. Durante o verão 1, entre 11-14 dia juliano, observou-se que, no ambiente estufa, a taxa de crescimento absoluto foi 0,099 g dia⁻¹, ou seja, 14% menor em relação à taxa de crescimento absoluto do ambiente

natural (Figura 3e,f). Durante o inverno, as melhores condições térmicas do ambiente estufa, observadas entre 193-200 e 201-207 dias (Figura 3c,d) favoreceram o crescimento, apresentando taxa de crescimento absoluto de 0,024 g dia⁻¹ e 0,114 g dia⁻¹ respectivamente, enquanto que, no ambiente natural, nos mesmos períodos não houve crescimento.

A redução nos valores da taxa de crescimento absoluto (Figura 3c,e,f), nos dois ambientes, foi decorrente da diminuição da disponibilidade da radiação solar global incidente. Tal fato pode ser observado no ambiente natural entre 15-18 e 29-32 dias juliano, por exemplo. Assim, a radiação solar global incidente interferiu na velocidade de acúmulo de fitomassa, porém a fitomassa total acumulada nas diferentes estações (Tabela 2) foi praticamente a mesma. Isto se explica pelo fato de que mesmo ocorrendo diminuição da taxa de crescimento absoluto pela diminuição da radiação solar global incidente, o aumento da duração do período de cultivo acabou compensando a limitação imposta ao crescimento.

No ambiente estufa, a maior taxa de crescimento absoluto com valor de 0,884 g dia⁻¹ foi observada no cultivo de inverno (Figura 3c), no período de 229-235 dias. A Txm neste período foi 29,0°C, a Txn foi 7,5°C e a radiação solar global incidente foi 9,1 MJ m⁻² dia⁻¹. Entretanto, esse maior crescimento no inverno foi apenas 2,7% superior ao cultivo de verão 1, o qual apresentou taxa de crescimento absoluto de 0,861 g dia⁻¹ no período de 26-28 dias julianos. A Txm, neste período foi 33,3°C e Txn 16,7°C e a radiação solar global incidente foi 16,3 MJ m⁻² dia⁻¹. Comparando-se os valores ótimos de temperatura do ar, citados na literatura (JOURBERT & COERTZE, 1982; FILGUEIRA, 1982; SANCHES

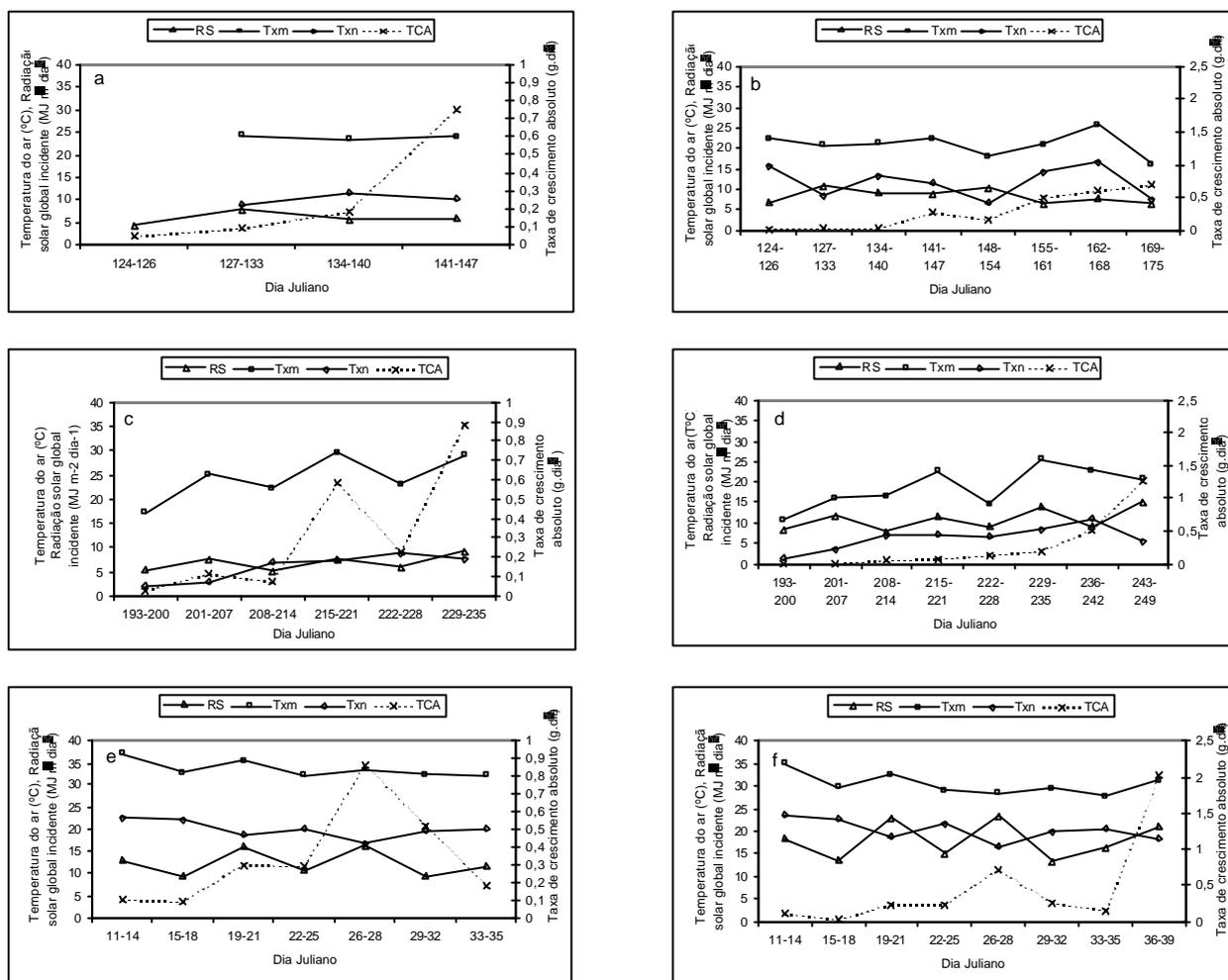


Figura 3. Variação da taxa de crescimento absoluto (g dia^{-1}) da cultura da alface, temperatura média máxima (Txm) e mínima do ar (Txn) e radiação solar global incidente média (RS) em ambiente estufa (a,c,e) e ambiente natural (b,d,f) para as estações de outono, inverno e verão respectivamente. Santa Maria, RS - 1999/2000.

et al., 1989), com o valor máximo médio observado para o cultivo de verão igual a $33,3^{\circ}\text{C}$ poder-se-ia supor que as temperaturas máximas limitaram o crescimento da alface. No entanto, observa-se na Tabela 2 que ocorreu acúmulo de fitomassa. Assim, as temperaturas máximas verificadas não foram limitantes. A influência da temperatura do ar sobre o crescimento da alface fica dependente de outros fatores como a duração dos seus valores extremos durante o dia e o genótipo em estudo.

No cultivo de inverno, no ambiente natural, período de 229-235 dias julianos (Figura 2b), a taxa de crescimento absoluto foi de $0,190 \text{ g dia}^{-1}$ em que foram verificadas Txm de $25,3^{\circ}\text{C}$, Txn de $8,4^{\circ}\text{C}$ e radiação solar global incidente de $13,9 \text{ MJ m}^{-2} \text{ dia}^{-1}$.

Para o mesmo período, no ambiente natural, a taxa de crescimento absoluto no ambiente estufa foi 365% maior que no ambiente natural. Para tais condições meteorológicas, essa resposta evidenciou o maior ganho energético do ambiente estufa em relação ao ambiente natural. A maior taxa de crescimento absoluto no ambiente estufa, provavelmente, foi favorecida pelos valores de temperatura do ar no período noturno, que foram maiores em relação aos valores de temperatura do ar do ambiente natural.

DANTAS (1997), cultivando alface em ambiente estufa, obteve um valor médio de $0,746 \text{ g dia}^{-1}$ de taxa de crescimento absoluto no cultivo de verão contra $0,567 \text{ g dia}^{-1}$ em ambiente natural. No inverno, a taxa média de crescimento absoluto, observada

no ambiente estufa, foi 0,431 g dia⁻¹ e no ambiente natural, a taxa média de crescimento absoluto, observada, foi 0,407 g dia⁻¹. Dessa maneira, verifica-se que a taxa de crescimento absoluto para o cultivo de verão, foi aproximadamente 56% maior em relação à taxa de crescimento absoluto de inverno.

O efeito da temperatura do ar sobre a taxa de crescimento absoluto é constatado quando se compara esta com os valores médios extremos de temperatura do ar. Este fato pode ser observado nos cultivos de verão 1 e inverno (Figura 3c,d,e,f). No ambiente estufa, a Txm foi de 37,2°C e ocorreu entre 11-14 dia juliano obtendo-se taxa de crescimento absoluto de 0,099 g dia⁻¹. No mesmo ambiente, a Txn foi de 2,1°C, e ocorreu entre 193-200 dias julianos e obteve-se 0,024g dia⁻¹. No ambiente natural, a Txm foi de 35,0°C, ocorreu 11-14 dias julianos obtendo-se taxa de crescimento absoluto de 0,113 g dia⁻¹. Entre o período de 193-200 dias julianos, não foi observado crescimento (Figura 3d) no ambiente natural pelo efeito das baixas temperaturas. A Txn, para o período, foi 1,5°C o que promoveu redução na fitomassa acumulada.

A redução na taxa de crescimento absoluto no cultivo de outono, no ambiente natural de 0,273 g dia⁻¹ (141-147 dias julianos) para 0,169 g dia⁻¹ (148-154 dias julianos) foi atribuída ao efeito da temperatura do ar, pois a radiação solar global incidente, média (10,3 MJ m² dia⁻¹) não foi limitante para o crescimento. Os valores médios de temperatura máxima e mínima do ar foram 18,1°C e 6,8°C, respectivamente.

Os menores valores médios de radiação solar global incidente foram registrados no cultivo de outono, nos dois ambientes, com valores médios na estação de cultivo de 8,4 e 6,0 MJ m² dia⁻¹, respectivamente. A situação extrema ocorreu entre 124-126 dias julianos no ambiente estufa quando se observou a menor média de radiação solar global incidente, igual a 4,4 MJ m² dia⁻¹ (Figura 3a), com taxa de crescimento absoluto de 0,048 g dia⁻¹. No mesmo período, no ambiente natural, a taxa de crescimento absoluto foi 0,013 g dia⁻¹ observando-se 6,8 MJ m² dia⁻¹. Entre 141-147 dias julianos, a radiação solar global média foi de 5,8 MJ m² dia⁻¹, com taxa de crescimento absoluto de 0,750 g dia⁻¹, indicando que a taxa de crescimento absoluto é influenciada pela área foliar (dados não apresentados) da planta disponível para absorção da radiação solar. No mesmo período, no ambiente natural (Figura 2b), o crescimento foi 0,273 g dia⁻¹ e a radiação solar global média 9,0 MJ dia⁻¹.

A aplicação de nitrogênio em cobertura interferiu na taxa de crescimento absoluto no ambiente natural (Figura 3d). Após a aplicação de uréia aos 235 dias julianos, a taxa de crescimento absoluto aumentou cerca de 171%, passando de 0,19 g dia⁻¹ no período de 229 a 235 dias julianos para 0,516 g dia⁻¹ no período de 236-242 dias julianos. Entretanto, a absorção do nitrogênio pode ter sido diminuída pela ocorrência de precipitação após a aplicação em cobertura, conforme observado na Figura 3b. Após a aplicação de nitrogênio, aos 133 dias julianos ocorreu precipitação de 48,1mm entre os 137-139 dias julianos. Nesse período, a taxa de crescimento absoluto foi apenas 0,031 g dia⁻¹. A resposta à aplicação de nitrogênio somente ocorreu na semana seguinte entre 141-147 dia juliano com aumento da taxa de crescimento absoluto para 0,273 g dia⁻¹.

De acordo com os resultados obtidos, a temperatura ótima para a alface, cultivar Regina, estaria acima daquela apontada na bibliografia. Essa cultivar apresenta crescimento em condições de temperatura média das máximas de 37,2°C, com taxa de crescimento absoluto de 0,099 g dia⁻¹. No outro extremo, com temperatura média das mínimas igual a 2,1° obtém-se taxa de crescimento absoluto de 0,024g dia⁻¹.

A alface cultivar Regina apresenta crescimento em condições de baixa disponibilidade de radiação solar global incidente, como foi verificado em condições próximas a 4,4 MJ m² dia⁻¹. O crescimento é favorecido quando os valores de temperatura média do ar situaram-se desde 7,5°C até cerca de 29°C, verificando-se uma taxa de crescimento absoluto de 0,884 g dia⁻¹.

Referências bibliográficas

- ANDRIOLO, J.L. **Fisiologia das culturas protegidas**. Santa Maria: Editora da UFSM, 1999. 142 p.
- ANDRIOLO, J.L. Fisiologia da produção de hortaliças em ambiente protegido. **Horticultura Brasileira**, v. 18, p. 26-33, suplemento Julho, 2000.
- BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas**. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 42 p.
- BURIOL, G.A. et al. Transmissividade a radiação solar do polietileno de baixa densidade utilizado em estufas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 25, n. 1, p. 1-4, 1995.
- BURIOL, G.A. et al. Disponibilidade de radiação solar nos meses mais frios do ano para o cultivo do tomateiro

- no estado do Rio Grande do Sul. **Revista Pesquisa Agropecuária Gaúcha**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 18-22, 2000.
- CASTELANE, P.D.; ARAÚJO, J.A.C. **Cultivo sem solo - Hidroponia**. 4. ed., Jaboticabal: FUNEP, 1995. 43 p.
- CAMACHO, M.J. et al. Avaliação de elementos meteorológicos em estufa plástica em Pelotas, RS. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 3, p. 19-24, 1995.
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-CFRS/SC. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 3. ed., Passo Fundo: SBCS-Núcleo Regional Sul, EMBRAPA/CNPT, 1995. 223 p.
- DALMAGO, G.A.; STRECK, N.A.; HELDEWEIN, A.B. Efeito do tipo de plástico sobre a temperatura mínima nas estufas. In: JORNADA INTEGRADA DE PESQUISA, EXTENSÃO E ENSINO, 1., 1994, Santa Maria, RS. **Anais...**, Santa Maria, UFSM, 1994. 775p., p 345.
- DANTAS, R. T. **Parâmetros agrometeorológicos e análise de crescimento da alface (*Lactuca sativa* L.) em ambientes natural e protegido**. Botucatu: UNESP, 1997, 109 p Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Ciências Agromômicas da UNESP).
- ESTEFANEL, V. et al. Insolação e radiação solar na região de Santa Maria, RS: I – estimativa da radiação global incidente a partir dos dados de insolação. **Revista Centro de Ciências Rurais**, Santa Maria, v. 20, n. 2-3, p. 203-218, 1990.
- FAO. **Protected cultivation in the mediterranean climate**. Rome: FAO, 1990. 313 p. (Plant Production and Protection Paper, 90).
- FARIAS, J.R.B.; BERGAMASCHI.; MARTINS, S.R. et al. Alterações na temperatura e umidade do ar provocadas pelo uso de estufa plástica. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 51-62, 1993a.
- FARIAS, J.R.B. et al. Efeito da cobertura plástica de estufa sobre a radiação solar. **Revista Brasileira de Agrometeorologia**, Santa Maria, v. 1, n. 1, p. 31-36, 1993b.
- FILGUEIRA, F.A.R. **Manual de olericultura** São Paulo: Ceres, 2. ed., 1982, 357 p.
- HELDWEIN, A.B. et al. Efeito da cobertura plástica sobre a temperatura mínima do ar. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9., Capina Grande, PB, 1995. **Anais...**, Campina Grande: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1995. P. 304-306
- JOUBERT, T.G.G., COERTZE, A.F. **The cultivation of lettuce**. Pretoria: Horticultural Research Institute, Pretoria, 1982. 7 p.
- MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 46 p.
- PERREIRA, A.R.; VILA NOVA, N.A.; SEDIYAMA., G.C. **Evapotranspiração**. Piracicaba: FEALQ. 1997. 183 p.
- SANCHES, C.A. Growth and yield of crisphead lettuce under various shade conditions. **Journal. American Society of Horticultural Science**. V. 114, n. 6, p. 884-890. 1989.