

TROCAS GASOSAS EM Videira SOB REGIME DE ESTRESSE HÍDRICO. II. FOTORRESPIRAÇÃO E COMPORTAMENTO VARIETAL¹

MURILLO DE ALBUQUERQUE REGINA² e ALAIN CARBONNEAU³

RESUMO - Analisou-se a fotorrespiração em folhas de videira (*Vitis vinifera* L.) submetidas a um regime de estresse hídrico, com o objetivo de caracterizar o comportamento de diferentes cultivares. Foram utilizadas plantas de dois anos, enxertadas sobre o porta-enxerto Fercal, plantadas em vasos plásticos e cultivadas em ambiente controlado. A fotorrespiração foi calculada a partir de medidas das trocas gasosas foliares. Os valores absolutos da fotorrespiração variaram pouco entre cultivares e nível de irrigação; já a eficiência da carboxilação e o ponto de compensação ao CO₂ foram bastante afetados pelo estresse hídrico, o que revela diferentes níveis de sensibilidade varietal. Foi verificada a ocorrência de inibição não-estomática da fotossíntese, afetando diferencialmente as cultivares analisadas. Destacou-se, ainda, a maior adaptação da Chardonnay às condições de estresse hídrico, em oposição à grande sensibilidade da Sémillon e da Ugni blanc.

Termos para indexação: eficiência da carboxilação, fotossíntese, seleção de cultivares, *Vitis vinifera*.

GAS EXCHANGES IN GRAPEVINES UNDER WATER STRESS REGIME. II. PHOTORESPIRATION AND VARIETAL BEHAVIOR

ABSTRACT - The photorespiration in grapevines (*Vitis vinifera* L.) leaves subjected to a water stress regime was analysed with the purpose of characterizing the behavior of different cultivars. Two-year old plants were used, grafted on Fercal, planted in plastic pots and cultivated in controlled environment. The photorespiration was calculated from leaf gas exchange measurements taken by means of a portable infrared CO₂ analyser (LCA3-ADC), working in an open circuit. The absolute photorespiration values varied little among cultivars and level of irrigation, whereas the carboxylation efficiency and the CO₂ compensation point were highly affected by the water stress, thereby evidencing different varietal sensitivity levels. The occurrence of a nonstomatal inhibition of the photosynthesis was verified affecting in a specific way the cultivars analysed. The Chardonnay adapted itself better to the water stress conditions as opposed to the high sensitivity on the part of Sémillon and Ugni blanc.

Index terms: carboxylation efficiency, photosynthesis, selection of cultivars, *Vitis vinifera*.

INTRODUÇÃO

Tem sido demonstrado que, em situações de estresse hídrico, é possível discriminar diferentes

formas de adaptabilidade de cultivares de videira nas trocas gasosas, tanto em porta-enxertos (Fregoni et al., 1978; Scienza et al., 1980; Carbonneau, 1985) como em produtoras (Chaves, 1986; During, 1988). Em estudo anterior, trabalhando com diversas cultivares de videira enxertadas sobre o mesmo porta-enxerto (Regina & Carbonneau, 1992), foi possível distinguir dois grupos distintos: um, adaptado, capaz de manter taxas elevadas de condutância estomática e fotossíntese, formado pelas cultivares Arrioloba, Chardonnay e Moscatel de Alexandria, e o outro, sensível, que reduziu drasticamente suas trocas gasosas com a imposição de um regime de estresse hídrico, representado pelas cultivares Sémillon e Ugni blanc.

¹ Aceito para a publicação em 17 de abril de 1998.

Extraído da Tese de Doutorado apresentada pelo primeiro autor à Universidade de Bordeaux II, França.

² Eng. Agr., Dr., EPAMIG, Fazenda Experimental de Caldas, Caixa Postal 33, CEP 37780-000 Caldas, MG. Bolsista do CNPq. E-mail: epamig@pqs.matrix.com.br

³ Eng. Agr., Dr., INRA/ENSAM, Domaine du Chapitre. 170, rue du Chapitre BP 13, 34750 Villeneuve-lès-Maguelonne, France.

É sabido que em condições de estresse hídrico o fechamento dos estômatos limita a difusão do CO₂ do meio externo para o mesófilo da folha, ocasionando uma redução da pressão parcial de CO₂ no seu interior. Uma das primeiras conseqüências desta redução é o aumento da atividade oxigenase da enzima ribulose-bifosfato-carboxilase-oxigenase (rubisco), e conseqüente estímulo da fotorrespiração (Gaudillere, 1982).

A origem das variações de resposta de cultivares de videira ao estresse hídrico pode também estar associada aos mecanismos fotorrespiratórios, pois, como já foi demonstrado em plantas de tabaco, sua regulação pode ser específica para cada genótipo (Zelitch, 1992). No caso específico da videira, poucos trabalhos têm comparado as diferenças varietais em termos de fotorrespiração com o objetivo de seleção de cultivares mais adaptadas às situações de estresse hídrico.

Este trabalho foi realizado com o objetivo de verificar se a regulação do mecanismo fotorrespiratório em situação de estresse hídrico exerce alguma influência nas diferentes capacidades adaptativas de cultivares de *Vitis vinifera* L.

MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi realizado na Station de Recherches en Viticulture do INRA (Institut National de la Recherche Agronomique) de Bordeaux, França, no período de 1991 a 1993. Foram utilizadas plantas com dois anos de idade, enxertadas sobre Fercal, plantadas em vasos de plástico de 7 litros, em substrato composto de uma mistura de perlita e areia (3:1) e fertilizadas com a solução nutritiva preconizada por Pouget (1984) adicionada à água de irrigação.

Utilizaram-se as seguintes cultivares como produtoras (enxertos): Arriloba, Cabernet-Sauvignon, Chardonnay, Merlot noir, Moscatel de Alexandria, Sauvignon, Sémillon, Syrah e Ugni blanc.

As plantas foram cultivadas em ambiente controlado, no interior de uma câmara de crescimento, com temperatura diurna/noturna de 25 e 15°C (±2°C), umidade relativa do ar diurna/noturna de 50 e 60%, radiação fotossinteticamente ativa de 900 µmol m⁻² s⁻¹ e fotoperíodo de 16 horas.

No interior da câmara de crescimento foram instalados dois canteiros com possibilidade do controle do volume da água de irrigação por meio de gotejadores. O regime de estresse hídrico foi aplicado por redução do volume diário

de irrigação em 50% da transpiração máxima, verificada pela drenagem do excesso de água sob os vasos de plantas testemunhas de mesma área foliar. A irrigação das plantas submetidas ao estresse hídrico foi efetuada sempre ao final da tarde, após as medidas da fotossíntese, de forma a permitir uma reidratação parcial das plantas durante a noite. Já as plantas-testemunhas foram irrigadas abundantemente e de forma homogênea durante todo o dia. Cada cultivar foi representada por quatro plantas.

As medidas das trocas gasosas foram realizadas com um analisador portátil de CO₂ a infra-vermelho (IRGA - LCA3/ADC), trabalhando em circuito aberto, e em folhas isoladas. Trabalhou-se sempre no mesmo momento do fotoperíodo, de forma a manter as mesmas intensidades do estresse hídrico nos diferentes dias de avaliação. Em todas as medições foram usadas quatro folhas adultas, sadias e previamente escolhidas no terço mediano do sarmento.

A fotorrespiração foi obtida mediante as curvas de resposta da fotossíntese à concentração de CO₂, conforme proposto por Decker (1957). Estas curvas foram obtidas diretamente com o IRGA, através da retenção progressiva do CO₂ atmosférico em uma coluna de óxido de cálcio, antes da entrada do ar na câmara de assimilação do aparelho. Partindo-se da concentração máxima em CO₂ observada na atmosfera (± 450 µmol mol⁻¹), foram estabelecidos quatro níveis de concentrações (350, 250, 150 e 50 µmol mol⁻¹), situados em uma faixa onde a resposta da fotossíntese é sempre linear para a videira (Chaves, 1986). A concentração intercelular de CO₂, empregada nestas curvas, é calculada diretamente pelo aparelho, a partir da seguinte fórmula:

$$C_i = ((g_c - E/2) \times C_c - A) / (g_c + E/2), \text{ onde:}$$

g_c: condutância total à transferência do CO₂;

E: transpiração;

C_c: concentração em CO₂ no interior da câmara de ar do aparelho;

A: assimilação líquida de CO₂.

Nas cultivares Chardonnay e Sémillon, foi efetuado um ensaio paralelo, também em ambiente controlado, e com as mesmas condições de temperatura e luminosidade do ensaio anterior, mas utilizando-se concentrações de CO₂ de até 1000 µmol mol⁻¹, injetadas artificialmente na câmara de assimilação do IRGA.

Analisou-se, também, a fotorrespiração no campo, sob condições normais de alimentação hídrica e radiação fotossinteticamente ativa saturante (> 1000 µmol m⁻² s⁻¹), nas cultivares Cabernet-Sauvignon, Chardonnay e Sémillon. Neste caso foram utilizadas plantas adultas (10 anos), per-

tencentas ao ensaio internacional de ecologia vitícola do INRA de Bordeaux, situado em solo argiloso, conduzidas em lira aberta e enxertadas sobre o porta-enxerto Fercal.

Uma vez obtidas as equações de respostas de todas as cultivares, nos dois níveis de irrigação, a fotorrespiração foi calculada pela substituição do valor da concentração de CO_2 por zero. A eficiência da carboxilação foi obtida pela inclinação da curva de resposta da fotossíntese à concentração em CO_2 , e o ponto de compensação do CO_2 , pelo ponto em que esta curva corta o eixo das abscissas, conforme modelo de Decker (1957). Os valores da fotorrespiração obtidos por este método não consideram a reassimilação intracelular do CO_2 , o que impede precisar a sua intensidade, mas para fins comparativos, ele tem sido utilizado com sucesso (Chaves, 1986).

Em todos os ensaios utilizou-se o dispositivo experimental inteiramente casualizado. Nos ensaios em estufa e no campo, cada tratamento (cultivar) foi representado por quatro plantas, ao passo que na câmara de crescimento utilizaram-se apenas duas plantas. Cada ponto da curva foi representado por quatro repetições, ou seja, quatro medições da fotossíntese em folhas distintas. Todas as análises estatísticas dos dados obtidos foram processadas com o auxílio do programa STATITCF (versão nº 5).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas de resposta da fotossíntese (P_n) à concentração intercelular em CO_2 (C_i) situada entre 50 e 450 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, realizadas em condições controladas, revelaram respostas sempre lineares e com altos coeficientes de correlação em todas as cultivares e níveis de irrigação testados, conforme representam as Figs. 1 e 2 referentes às cultivares Chardonnay e Ugni blanc, respectivamente. Observou-se que as variações nos valores absolutos da fotorrespiração (RL) foram reduzidas, ao contrário da eficiência da carboxilação (CE) e do ponto de compensação para o CO_2 (Γ).

Conforme pode-se observar na Tabela 1, no conjunto das cultivares estudadas a RL manteve-se próxima dos 2,0 $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ nas plantas-testemunha e aumentou nas plantas estressadas da maioria das cultivares, com exceção do Moscatel de Alexandria e Ugni blanc. A RL situou-se entre 15 e 22% da P_n no tratamento testemunha, chegando a 60% no tratamento sob estresse hídrico, valores condizentes com os verificados por During (1988).

Apesar da ausência de comparações estatísticas entre os valores de RL, pois com o método utilizado cada curva de resposta da P_n permite a obtenção de apenas um valor de RL, pode-se observar que as variações da RL, tanto entre cultivares como entre níveis de irrigação foram mais reduzidas que aquelas da P_n verificadas nas mesmas condições.

Por outro lado, ao compararmos as variações do ponto de compensação para o CO_2 (Γ), pode-se observar, na Tabela 2, que nas plantas estressadas, os valores mais elevados foram os observados em cultivares mais sensíveis ao estresse hídrico, como Ugni blanc, Sémillon e Sauvignon, que mostraram as maiores reduções da P_n (Tabela 1).

A comparação da inclinação das retas de resposta (CE) revelou um grupo sensível (Fig. 3), com menor eficiência da carboxilação, composto das cultivares Ugni blanc, Sémillon e Sauvignon, e um mais adaptado ao estresse hídrico, formado pelas cultivares Arriloba e Chardonnay. A variedade Moscatel de Alexandria apareceu em posição intermediária.

O excessivo aumento do Γ e redução da CE verificados nas cultivares mais sensíveis podem ter sido provocados por inibição não-estomática da fotossíntese, pois, como mostra a Fig. 4, as reduções da concentração intercelular em CO_2 (C_i) foram muito pequenas e, principalmente, sem variações entre cultivares. Estas observações confirmam as afirmações de Quick et al. (1992) sobre a existência de uma inibição não-estomática da P_n para a videira em condições de estresse hídrico.

Para as concentrações de CO_2 situadas entre 0 e 1000 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, observou-se uma curva exponencial de resposta, com altos coeficientes de correlação nas cultivares Chardonnay e Sémillon nos dois níveis de irrigação (Figs. 5 e 6). Nestas cultivares, que haviam mostrado anteriormente diferentes níveis de sensibilidade ao estresse hídrico (Regina & Carbonneau, 1992), a melhor adaptação ao estresse hídrico da Chardonnay foi confirmada pelo fraco aumento do Γ , da planta estressada, com relação ao verificado para a cultivar Sémillon.

Pode-se destacar, também, das curvas representadas nas Figs. 5 e 6, a maior capacidade fotossintética da cultivar Chardonnay, comprovada pelo incremento da P_n , mesmo para concentrações intercelulares em CO_2 superiores aos 700 $\mu\text{mol mol}^{-1}$, isto para os

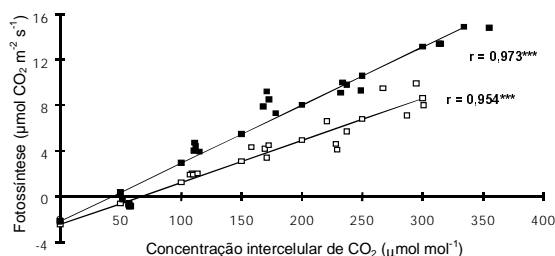


FIG. 1. Relação entre a fotossíntese (P_n - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a concentração intercelular em CO_2 (C_i - $\mu\text{mol mol}^{-1}$) em dois níveis de irrigação (■: testemunha; □: estresse hídrico) na cv. Chardonnay, sob temperatura de 25°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) e radiação fotossinteticamente ativa de $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (***) significativo a 0,1%).

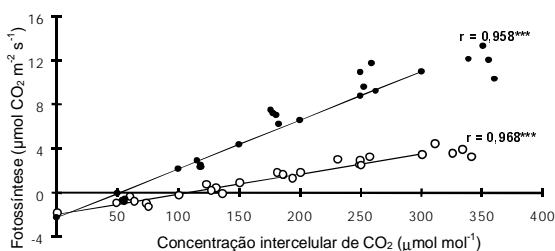


FIG. 2. Relação entre a fotossíntese (P_n - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a concentração intercelular de CO_2 (C_i - $\mu\text{mol mol}^{-1}$) em dois níveis de irrigação (●: testemunha; ○: estresse hídrico) na cv. Ugni blanc, sob temperatura de 25°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) e radiação fotossinteticamente ativa de $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (***) significativo a 0,1%).

dois níveis de irrigação. A cultivar Sémillon, ao contrário, não respondeu aos aumentos da concentração em CO_2 acima dos $500 \mu\text{mol mol}^{-1}$.

Utilizando este mesmo dispositivo experimental, verificou-se também a regulação da RL para concentrações de CO_2 situadas entre 156 e $724 \mu\text{mol mol}^{-1}$ nas cultivares Chardonnay e Sémillon, em dois níveis de irrigação (Fig. 7). Estas curvas mostram a inibição da RL com o aumento da concentração em CO_2 , em todos os tratamentos analisados. No caso extremo do Sémillon, ela reduziu de $3,12$ a $1,40 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, com o aumento da concentração intercelular em CO_2 de 186 a $724 \mu\text{mol mol}^{-1}$.

As curvas representadas na Fig. 7 mostram, ainda, que, com relação às diferenças de comportamento entre as cultivares Chardonnay e Sémillon, só foi observada uma certa variação da RL nas concentrações mais baixas em CO_2 , em que os valores da RL observados em relação à cultivar Sémillon em regime de estresse hídrico foram mais reduzidos. Tal situação pode ser explicada pela anulação quase completa da P_n deste tratamento, condição que, provavelmente, levou a uma drástica redução dos substratos fotorrespiratórios.

Comparando o comportamento das cultivares Chardonnay, Sémillon e Cabernet-Sauvignon em condições de campo (Tabela 3), pode-se observar, mais uma vez, que a RL foi extremamente semelhante em todas as cultivares, situando-se entre $3,0$ e $3,3 \mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$. A cv. Chardonnay mostrou um ponto de compensação no CO_2 mais reduzido, con-

TABELA 1. Valores médios da fotossíntese (P_n), fotorrespiração (RL) e da porcentagem de fotorrespiração em relação à fotossíntese (RL % de P_n) de folhas de videira, em dois níveis de irrigação¹.

Cultivares	P_n ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)		RL ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)		RL (% de P_n)	
	Testemunha	Estresse	Testemunha	Estresse	Testemunha	Estresse
Arriloba	12,7a	8,1a	2,39	3,37	18,9	41,7
Cabernet-Sauvignon	11,1bc	8,1a	2,13	3,90	19,2	51,8
Chardonnay	14,1a	8,6a	2,13	2,47	15,1	28,6
M. Alexandria	11,2bc	6,1ab	2,45	2,32	21,9	38,2
Sauvignon	13,6a	4,0b	2,41	2,44	17,6	60,5
Sémillon	7,9c	3,8b	1,81	2,00	22,9	50
Ugni blanc	11,9abc	4,0b	2,28	1,99	19,1	52,4
F (21,6)	6,49***	10,17***	-	-	-	-

¹ Radiação fotossinteticamente ativa de $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; temperatura do ar de 25°C ($\pm 2^\circ\text{C}$); médias seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente segundo o teste de NEWMAN-KEULS a 5% de probabilidade. (***) Significativo a 0,1%.

firmando no campo os resultados obtidos em ambiente controlado, e atestando a sua superioridade em termos de capacidade fotossintética com relação às demais cultivares.

Há que ressaltar, também, que, do ponto de vista metodológico, as possibilidades de emprego de parâmetros como a RL, para a seleção de um número elevado de genótipos, como ocorre nos programas de seleção, são muito limitadas, em face da reduzida variabilidade das repostas, mas também em função

TABELA 2. Ponto de compensação para o CO₂ (Γ - $\mu\text{mol mol}^{-1}$) de folhas de videiras cultivadas em condições controladas, em dois níveis de irrigação (A: testemunha; B: estresse hídrico)¹.

Cultivares	Γ ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)		
	A	B	(B-A)
Arriloba	51,6	84,4	32,8
Cabernet-Sauvignon	54,1	93,8	39,7
Chardonnay	42,6	66,7	24,1
M. Alexandria	61,9	91,7	29,8
Sauvignon	49,6	122,8	73,2
Sémillon	63,3	103,1	23,3
Ugni blanc	51,8	110,5	58,7

¹ Radiação fotossinteticamente ativa de $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$; temperatura média do ar de 25°C ($\pm 2^\circ\text{C}$).

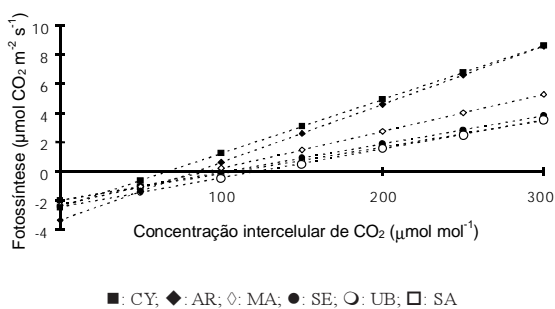


FIG. 3. Relação entre a fotossíntese (P_n - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a concentração intercelular em CO₂ (C_i - $\mu\text{mol mol}^{-1}$) em condições de estresse hídrico, nas cultivares: Arriloba (AR); Chardonnay (CY); Moscatel de Alexandria (MA); Sauvignon (SA); Sémillon (SE); Ugni blanc (UB). Temperatura de 25°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) e radiação fotossinteticamente ativa de $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

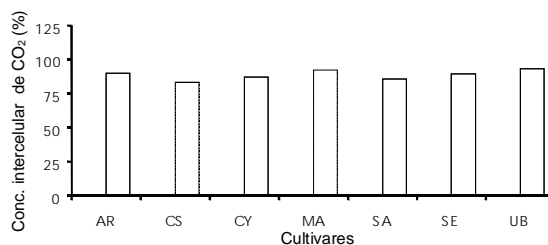


FIG. 4. Redução da concentração intercelular de CO₂ das folhas (C_i -%), de plantas submetidas a um regime de estresse hídrico, nas cultivares: Arriloba (AR); Cabernet-sauvignon (CS); Chardonnay (CY); Moscatel de Alexandria (MA); Sauvignon (SA); Sémillon (SE); Ugni blanc (UB). Temperatura de 25°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) e radiação fotossinteticamente ativa de $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

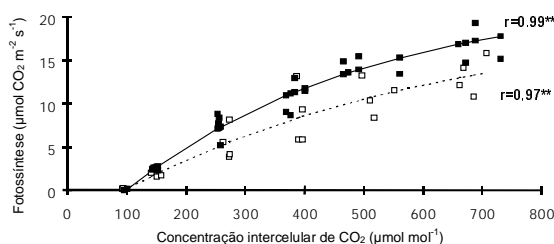


FIG. 5. Relação entre a fotossíntese (P_n - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a concentração intercelular de CO₂ (C_i - $\mu\text{mol mol}^{-1}$) em dois níveis de irrigação (■: testemunha; □: estresse hídrico) na cv. Chardonnay, sob temperatura de 25°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) e radiação fotossinteticamente ativa de $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (** significativo a 0,1%).

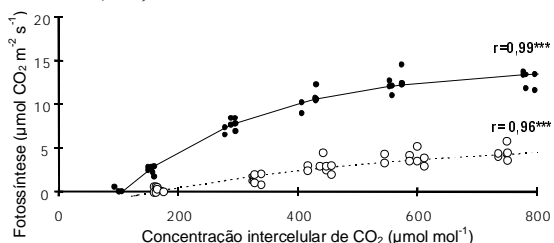


FIG. 6. Relação entre a fotossíntese (P_n - $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) e a concentração intercelular de CO₂ (C_i - $\mu\text{mol mol}^{-1}$) em dois níveis de irrigação (●: testemunha; ○: estresse hídrico) na cv. Sémillon, sob temperatura de 25°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) e radiação fotossinteticamente ativa de $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (***) significativo a 0,1%).

TABELA 3. Valores médios da fotossíntese (Pn), fotorrespiração (RL), porcentagem da fotorrespiração em relação à fotossíntese (RL % de Pn) e ponto de compensação para o CO₂ (Γ) de folhas de videira cultivadas no campo¹.

Cultivares	Pn ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	RL ($\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	RL (% de Pn)	Γ ($\mu\text{mol mol}^{-1}$)
Chardonnay	11,90	3,30	27,90	55,00
Sémillon	10,00	3,10	30,80	63,20
Cabernet-Sauvignon	9,90	3,00	30,40	60,10

¹ Radiação fotossinteticamente ativa de 1.433 $\text{mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$; temperatura média do ar de 33,3°C.

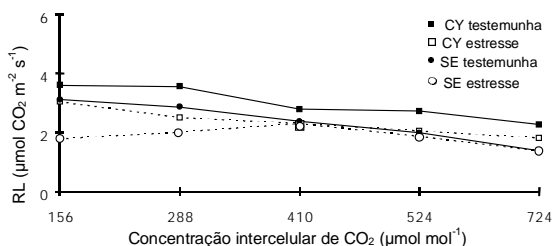


FIG. 7. Resposta da fotorrespiração (RL- $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) ao aumento da concentração intercelular de CO₂ (Ci- $\mu\text{mol mol}^{-1}$) em dois níveis de irrigação nas cvs. Chardonnay (CY) e Sémillon (SE), sob temperatura de 25°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) e radiação fotossinteticamente ativa de 900 $\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$.

do tempo, número de informações e dispositivos experimentais que exigem. Neste sentido, e particularmente no caso de seleção de genótipos adaptados ao estresse hídrico, a simples verificação da condutância estomática e da fotossíntese seriam mais adaptadas à identificação das variabilidades genéticas de respostas, conforme fora anteriormente demonstrado em relação a esta espécie (Regina & Carbonneau, 1992).

CONCLUSÕES

1. A análise da fotorrespiração de folhas de videira em situação de estresse hídrico não possibilita a identificação de diferenças do comportamento varietal.

2. As variações da eficiência da carboxilação e do ponto de compensação ao CO₂ confirmam as dife-

renças de sensibilidade varietal ao estresse hídrico observadas na fotossíntese.

3. A inibição não-estomática da fotossíntese da videira, em condições de estresse hídrico, revela diferenças de sensibilidade entre cultivares.

REFERÊNCIAS

- CARBONNEAU, A. The early selection of grapevine rootstocks for resistance to drought conditions. *American Journal of Viticulture and Enology*, v.36, p.195-198, 1985.
- CHAVES, M.M. **Fotossíntese e repartição dos produtos de assimilação em *Vitis vinifera* L.** Lisboa: Universidade Técnica de Lisboa, 1986. 220p. Tese de Doutorado.
- DECKER, J.P. Further evidence of increase carbon dioxide production accompanying photosynthesis. *Solar Energy Sciences Engineering*, v.1, p.30-33, 1957.
- DURING, H. CO₂ assimilation and photorespiration of grapevine leaves: responses to light and drought. *Vitis*, v.27, p.199-208, 1988.
- FREGONI, M.; SCIENZA, A.; MIRAVALLE, R. Evaluation précoce de la résistance des porte-greffes à la secheresse. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR L'AMELIORATION DE LA VIGNE, 2., 1987, Bordeaux. *Comptes Rendus...* Bordeaux: INRA, 1978. p.287-296.
- GAUDILLERE, J.P. La photorespiration et son coût énergétique. In: La photosynthèse. *Comptes Rendus des Séances de l'Académie d'Agriculture de France*, v.11, p.872-882, 1982.
- POUGET, R. Action de la concentration de la solution nutritive sur quelques caractéristiques physiolo-

- giques et technologiques chez *Vitis vinifera* L. cv. Cabernet-Sauvignon. I. Vigueur, rendement, qualité du moût et du vin. **Agronomie**, v.4, p.437-442, 1984.
- QUICK, W.P.; CHAVES, M.M.; WENDLER, R.; DAVID, M.; RODRIGUES, M.L.; PASSARINHO, J.A.; PEREIRA, J.S.; ADCOCK, M.D.; LEEGOOD, R.C.; STITT, M. The effect of water stress on photosynthetic carbon metabolism in four species grown under field conditions. **Plant, Cell and Environment**, v.15, p.25-35, 1992.
- REGINA, M.A.; CARBONNEAU, A. Réponses écophysiological des cépages d'origines écologiques diverses aux variations d'éclairement et d'alimentation en eau. In: SYMPOSIUM INTERNATIONAL SUR LA PHYSIOLOGIE DE LA VIGNE, 4., 1992, Torino. **Comptes Rendus...** Torino: Istituto Agrario San Michelle all'Adige/Fondazione Giovanni Dalmasso/Università di Torino, 1992. p.601-606.
- SCIENZA, A.; FREGONI, M.; BOSELLI, M. Influenza del portinnesto sulla resistenza stomatica, sul potenziale idrico e sul contenuto di acido abscissico di fogli di 'Barbera'. **Vignevini**, v.1, p.39-44, 1980.
- ZELITCH, I. Control of plant productivity by regulation of photorespiration. **BioScience**, v.42, p.510-516, 1992.