Ciência Téc. Vitiv. 16 (2), 49-63. 2001

COMPORTAMENTO FISIOLÓGICO E VITÍCOLA DA CV. TOURIGA NACIONAL NUMA PARCELA DE VINHA "AO ALTO" NA REGIÃO DEMARCADA DO DOURO*

PHYSIOLOGICAL AND AGRONOMIC BEHAVIOUR OF CV. TOURIGA NACIONAL IN A "SLOPE VINEYARD" AT THE DEMARCATED DOURO REGION

J.M. Moutinho-Pereira[1,2], **N. Magalhães**[1] **e J.M. Torres-Pereira**[1]

[1] ICETA/Universidade de Trás-os-Montes e Alto Douro, Apartado 202, 5001-911 Vila Real, Portugal
[2] E-mail: moutinho@utad.pt

(Manuscrito recebido em 06.09.01. Aceite para publicação em 22.11.01)

RESUMO

Neste estudo procedeu-se à caracterização do comportamento fisiológico e vitícola de videiras implantadas numa cota mais elevada versus mais baixa duma parcela de vinha "ao alto" da Região Demarcada do Douro. As condições edáficas da cota mais baixa dessa parcela permitiram que as videiras aí implantadas beneficiassem, durante o período estival, de melhores condições hídricas. Esta situação teve reflexos positivos na capacidade fotossintética das folhas e minimizou a senescência foliar no período da maturação. Do ponto de vista agronómico, nas videiras da cota superior da parcela o índice de maturação das uvas foi mais elevado mas, quer a produção de uvas quer o índice de Ravaz, foram mais baixos.

Palavras-chave: fertilidade do solo, fisiologia da videira, vigor, rendimento, qualidade.
Key Words: soil fertility, grapevine physiology, vigour, yield, quality.

INTRODUÇÃO

Face aos diferentes condicionalismos de ordem sócio-económica que surgiram a partir de 1960 na Região Demarcada do Douro, relacionados essencialmente

* Extraído da Tese de Doutoramento apresentada pelo primeiro autor à UTAD em Outubro/ 2000.

com a fraca disponibilidade de mão-de-obra, os esquemas de implantação e exploração de novos vinhedos sofreram profundas adaptações de forma a torná-los mais mecanizáveis (Almeida *et al.*, 1982; Aguiar, 1987; Queiroz, 1996; Magalhães, 1998). Entre as diversas alterações efectuadas destacou-se a armação do terreno em patamares largos (≈3,8m de largura, 2 filas de videiras) ou estreitos (≈2,2m de largura, 1 fila de videiras), segundo as curvas de nível e com talude de terra, ou mantendo o declive original para disposição da vinha segundo as linhas de maior declive (vinha "ao alto") (Félix e Guerra, 1998). Num cômputo geral, estas modificações possibilitaram grandes melhorias, sobretudo em termos de produtividade do trabalho. Porém, relativamente à conservação do solo, estes novos sistemas passaram a exigir cuidados redobrados para minimizar a erosão provocada pela escorrência das águas superficiais, especialmente durante a queda de chuvas torrenciais. Particularmente, numa vinha "ao alto" é provável que o solo surribado vá sofrendo alterações quantitativas e qualitativas ao longo das linhas de maior declive. Neste trabalho é apresentado um estudo comparativo de videiras situadas em cotas extremas duma parcela de vinha "ao alto", onde se procuraram avaliar as consequências, quer fisiológicas quer vitícolas, dessas alterações edáficas.

MATERIAL E MÉTODOS

Material vegetal e tratamentos: O ensaio de campo foi realizado na Quinta do Seixo (latitude 41°10'N, longitude 7°33'W, altitude 100m), situada no concelho de Tabuaço, na sub-região Cima-Corgo da Região Demarcada do Douro, no ano de 1996. Aí escolheu-se uma parcela de vinha, com a casta tinta Touriga Nacional (clone 4106) enxertada, na Primavera de 1986, em 1103P. A parcela está localizada numa encosta com declive de 16° (30%), estando os bardos conduzidos segundo as linhas de maior declive, com orientação NW-SE, compasso de 2,0 m de distância na entrelinha e 1,20 m de planta a planta (4167 cepas/ha). A vinha está conduzida, na metade inferior da parcela, em cordão bilateral, tipo Royat, isto é, exclusivamente podada a talões, com uma carga média de 12 olhos/cepa e, na metade superior da parcela, em cordão unilateral, também tipo Royat, com uma carga média de 8 olhos/cepa. Esta diferente carga à poda nas videiras da parcela é já uma consequência directa das características físico-químicas do solo. Com efeito, da análise físico-química do solo (quadro I), concluiu-se que a parcela é constituída por duas zonas bem distintas quanto às características do solo: na metade superior o solo é mais pedregoso e cascalhento, tem maiores percentagens em areia grossa e areia fina e, em contrapartida, tem menores percentagens em limo e argila do que na metade inferior da parcela; na posição superior do terreno o teor em matéria orgânica é também bastante baixo e, do

QUADRO I

Características do solo da parcela. Os valores médios (n=10) estão afectados do erro padrão (entre parêntesis).

Soil characteristics of the experimental plot. Values are the mean (n=10) ± S.E. (in parenthesis).

Parâmetro	Cota Inferior	Cota Superior	Sign.
% de elementos grosseiros	38,6 (±0,5)	52,7 (±1,1)	***
Análise sumária:			
- textura	franco limoso	franco arenoso	
- Matéria orgânica (%)	0,51 (±0,02)	0,14 (±0,02)	***
- E.R. (ppm):			
P_2O_5	593 (±118)	55 (±21)	**
K_2O	132 (±9)	80 (±4)	***
- pH (H_2O)	5,84 (±0,04)	6,28 (±004)	***
Análise granulométrica (%):			
- areia grossa	39,2 (±2,1)	45,2 (±1,5)	*
- areia fina	13,8 (±1,6)	21,5 (±2,6)	*
- limo	36,5 (±1,1)	26,6 (±2,5)	**
- argila	10,6 (±0,9)	6,7 (±0,6)	**
Complexo de troca:			
- bases de troca (meq/100 g):			
Ca^{++}	7,35 (±0,24)	8,93 (±0,52)	*
Mg^{++}	1,19 (±0,11)	2,84 (±0,19)	***
K^{+}	0,18 (±0,01)	0,10 (±0,01)	***
Na^{++}	0,20 (±0,01)	0,21 (±0,02)	ns
Total	8,92 (±0,31)	12,07 (±0,72)	**
- capacidade de troca (meq/100 g)	8,99 (±0,31)	12,21 (±0,71)	**
Humidade (%)			
- pF 2,0	27,0 (±0,3)	20,2 (±0,6)	***
- pF 2,7	20,8 (±0,5)	15,3 (±0,5)	***
- pF 4,2	11,6 (±0,6)	6,2 (±0,4)	***
Densidade real	2,39 (±0,03)	2,45 (±0,02)	ns
Densidade aparente	1,41 (±0,01)	1,52 (±0,02)	***
Porosidade total (%)	42,6 (±0,3)	38,5 (±0,3)	***
Capacidade máx. para a H_2O (%)	30,8 (±0,3)	25,6 (±0,5)	***
Expansibilidade (%)	3,84 (±0,27)	3,29 (±0,37)	ns
Água utilizável (%)	15,4 (±0,5)	14,0 (±0,8)	ns
(mm/cm solo)	2,08 (±0,07)	2,13 (±0,10)	ns

ponto de vista químico, é muito mais pobre em fósforo e potássio assimilável, mas menos ácido; os valores de pF permitem também constatar que os limites superior (pF2,0) e inferior (pF4,2) de água utilizável, equivalente à água retida à capacidade de campo ou no ponto de emurchecimento, respectivamente, eram bastante mais baixos no solo da cota superior do terreno. Partindo desta informação de base, neste trabalho procedeu-se à comparação do comportamento fisiológico e vitícola das videiras nessas duas zonas, denominando-se "cota superior" a um conjunto de 40 videiras (10 plantas em cada bardo, sendo estes contíguos) localizado no extremo superior da parcela de vinha "ao alto" e "cota inferior" a um igual número de videiras situadas no extremo inferior da mesma e nos mesmos bardos. Durante o ciclo vegetativo em que decorreu esta experiência as operações culturais não sofreram qualquer

alteração em relação à prática normal na empresa proprietária da parcela do ensaio e na região.

Condições ambientais e relações hídricas: Os dados climáticos obtiveram-se a partir de uma estação meteorológica (Delta-T Devices, UK) instalada na parcela. Nessa informação (Moutinho-Pereira e Torres-Pereira, 2000), relativamente à normal (período de 1961/90[2]), há a salientar a elevada pluviosidade ocorrida em 1995/96 durante o Inverno e no mês de Maio e, em contrapartida, a ausência de precipitação durante os meses de Verão (figura 1). O potencial hídrico das folhas (Ψ_f) foi determinado com uma câmara de pressão (ELE International, England), de acordo com o método descrito por Scholander

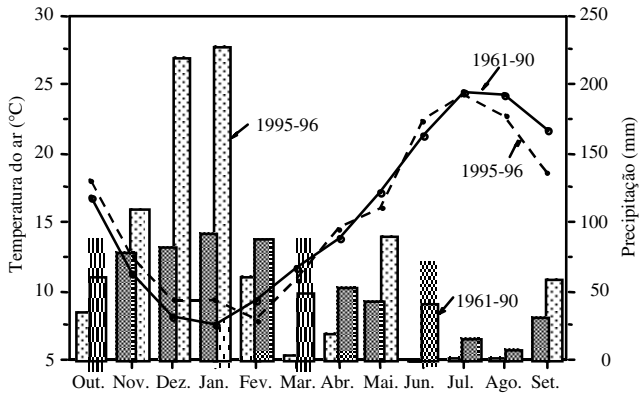


Fig. 1 - Temperatura média do ar (linhas) e precipitação mensal (colunas) em 1995/96, relativamente à normal (1961/90) em igual período do ano.

Mean air temperature (lines) and monthly precipitation (columns) in 1995/96, relative to the average year (1961/90) in similar period of the year.

et al. (1965). As medições foram efectuadas ao fim da noite (Ψ_f de base) e ao meio-dia solar (Ψ_f mínimo) em folhas expostas e do terço médio dos sarmentos.

Medições das trocas gasosas das folhas: As determinações da fotossíntese aparente (A), taxa de transpiração (E), condutância estomática (g_s), concentração em CO_2 nos espaços intercelulares (C_i) e temperatura da folha (T_l) foram efectuadas com um analisador de gás por radiação infravermelha, funcionando em modo diferencial e em circuito aberto (modelo LCA-3, da Analytical Development Co.Ltd.), e segundo as fórmulas de cálculo propostas por von Caemmerer e Farquhar (1981). Em computador, procedeu-se ainda ao cálculo da razão A/C_i (g_m) e A/g_s para se obter uma estimativa da condutância do CO_2 no mesófilo clorofilino (Candolfi-Vasconcelos, 1990) e da eficiência intrínseca do uso em água (Düring, 1994; Flexas *et al.*, 1998), respectivamente.

[2] Normais climatológicas da Estação do Pinhão/Santa Bárbara (Informação cedida pelo Instituto de Meteorologia, Portugal).

Pigmentos clorofilinos: No período da maturação (14 Agosto) foram retirados discos foliares (3,14 cm^2) de folhas expostas e do terço médio dos sarmentos, congelados em N_2 e armazenados a -80 °C. Em laboratório procedeu-se à quantificação espectrofotométrica da clorofila *a* e *b* em extractos foliares dissolvidos em acetona a 80 % (Sesták *et al*. 1971). No mesmo extracto acetónico utilizado para a quantificação das clorofilas doseou-se o teor em carotenóides totais (Lichtenthaler, 1987).

Açúcares solúveis e amido: Para a quantificação dos açúcares solúveis (glucose, frutose e sacarose) e insolúveis (amido, expresso em equivalentes de hexose) foram colhidas amostras de folhas (2 discos com 2 cm ø) em todas as modalidades e em 2 períodos diferentes do dia, no período da maturação (16 Agosto): antes de nascer o Sol e próximo das 16 horas. Os discos, depois de envolvidos em papel de alumínio, foram imediatamente congelados em azoto líquido e posteriormente armazenados a -80°C até ao momento da extracção. No processo de extracção e quantificação espectrofotométrica destes metabolitos procedeu-se conforme a metodologia descrita por Jones *et al*. (1977) e Osório (1994).

Estimativa do índice de área foliar: Para esta avaliação (L), aplicou-se o modelo semi-empírico da intercepção da radiação pela vegetação, adaptado por Oliveira e Santos (1995) para os sistemas de condução tradicionais do Douro e baseado fundamentalmente na aplicação da lei de Beer [Sh(L) = Sh(0)exp(-KL)] e no trabalho de Campbell (1986). Para o efeito, utilizou-se um ceptómetro (Decagon Sunfleck Ceptometer, Delta-T Devices LTD), constituído por uma haste com 80 sensores distribuídos linearmente ao longo da haste, para registar 15 valores médios de PPFD transmitida pela vegetação ao meio-dia solar e por tratamento, $S_h(L)$. Media-se também, no mesmo momento, a radiação incidente no local, $S_h(0)$. O coeficiente de extinção (K) obteve-se dividindo o dobro da área média de sombra do copado, ao meio-dia solar, pela área exposta de todo o copado. Os valores obtidos (L) expressam a superfície foliar total que existe sobre a área de projecção da parede de vegetação no plano horizontal, a superfície do solo.

Estimativa do número de camadas de folhas: Para esta estimativa seguiu-se a técnica do "Point Quadrat" (Smart e Robinson, 1991). Para isso, inseriu-se transversalmente uma vara fina no copado, numa zona ligeiramente acima dos cachos, registando-se o número de contactos com folhas nesse trajecto. Em cada modalidade fizeram-se 50 medições, sensivelmente em intervalos de 50 cm ao longo do bardo, e calculou-se o número médio de camadas de folhas (LLN= número total de folhas/número de inserções).

Microclima luminoso no interior do copado ao nível dos cachos: As medições dos níveis de PPFD no interior do copado foram efectuadas com um ceptómetro (Decagon Sunfleck Ceptometer, Delta-T Devices LTD). Para o

efeito, seleccionaram-se 2 níveis no perfil do bardo, onde era colocado o ceptómetro em posição horizontal e paralelamente à orientação dos arames do bardo, e que designamos por *topo* (radiação incidente no topo do bardo e tida como radiação de referência) e *cachos* (radiação incidente no interior do bardo, zona dos cachos, a cerca de 20 cm da base da parede de vegetação. Relativamente à razão vermelho/vermelho longínquo (660nm/730nm) (R/FR), as medições foram feitas no interior do copado, junto aos cachos, usando 2 radiómetros em simultâneo (Radiometer/Photometer, modelo IL1400A, international light INC, USA), estando um ligado a um sensor *red* (660nm) e o outro a um sensor *far-red* (730nm). Em computador procedeu-se ao cálculo da razão R/FR. Quer estas determinações quer as da PPFD foram feitas num dia de céu completamente limpo e em período próximo do meio-dia solar.

Rendimento e qualidade das uvas: À vindima, nas 40 videiras de cada de modalidade, foram registados o número de cachos e o respectivo peso por videira. Durante a maturação e à vindima colheram-se 180 bagos por tratamento para, em laboratório, se proceder à determinação do peso e volume médio por bago, teor em sólidos solúveis totais (°Brix), acidez total e pH (OIV, 1990).

Registos à poda: No Inverno, após a poda, procedeu-se à pesagem do varedo de poda de cada videira e calculou-se o peso médio por lançamento. Estes dois parâmetros foram usados como indicadores da expressão vegetativa e do vigor, respectivamente (Champagnol, 1978).

Análise estatística: Os dados foram submetidos à análise de variância com um só critério de agrupamento. As médias foram comparadas, atribuindo-se a seguinte notação simbólica: ns, *, ** e *** para diferenças não significativas ($P>0,05$), significativas ($P<0,05$), muito ($P<0,01$) e altamente significativas ($P<0,001$), respectivamente.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise dos dados experimentais recolhidos neste ensaio sugere que a disposição da vinha segundo as linhas de maior declive é susceptível de provocar comportamentos fisiológicos e agronómicos distintos nas videiras ao longo dos bardos. Relativamente aos resultados do Ψ_f obtidos ao longo do Verão, constatou-se que os seus valores foram significativamente mais elevados nas videiras da cota inferior do terreno, particularmente nas determinações efectuadas antes do nascer do sol (figura 2). Este comportamento está, certamente, relacionado com a maior capacidade de retenção de água por parte do solo da cota inferior do terreno. Com o decorrer do período estival, as videiras da cota superior demonstraram sempre maiores dificuldades em restabelecer e manter o seu estado hídrico, provavelmente exacerbado pelo

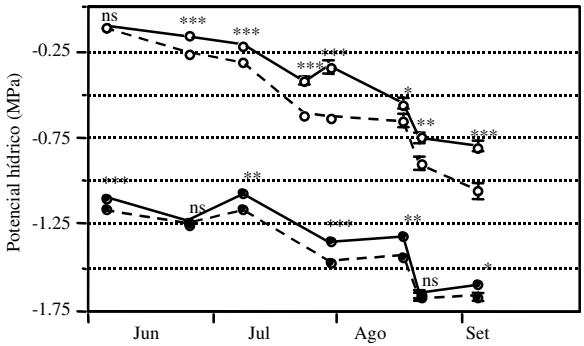


Fig. 2 - Evolução do Ψ_f de base (símbolos abertos) e mínimo (símbolos fechados) ao longo do período estival de 1996 (folhas das videiras da cota inferior, linhas a cheio; folhas das videiras da cota superior, linhas a tracejado). Os valores médios (n=24) estão afectados do erro padrão (por vezes eclipsado pelo símbolo).

Summer changes in predawn (open symbols) and minimum (closed symbols) leaf water potential (grapevine leaves of lower plot, solid line; grapevine leaves of upper plot, broken line). Each point is an average and vertical bars (not shown if smaller than symbols) represent the S.E. of measurements of 24 different leaves.

acréscimo suplementar de superfície foliar formada no período inicial do ciclo vegetativo.

Tais resultados tiveram reflexos consideráveis nas trocas gasosas (CO_2 e H_2O) das folhas expostas. Com efeito, registaram-se valores médios de g_s, A e E significativamente mais elevados nas folhas das videiras da cota inferior mas, em termos de A/g_s, o comportamento dessas videiras foi, em geral, pior do que nas folhas das videiras da cota superior do terreno (figura 3). Naquela modalidade notou-se ainda que tanto a C_i como a g_m foram significativamente mais elevadas, particularmente nas medições efectuadas ao meio-dia solar. De acordo com Farquhar e Sharkey (1982), o mesmo comportamento relativo da C_i e da A sugere que o controlo estomático terá sido a principal causa das diferenças registadas na assimilação líquida de CO_2 entre as modalidades estudadas. Aliás, esta constatação é também reforçada pelos coeficientes de correlação bastante elevados que se obtiveram entre a A e a g_s ($r>+0,95$), independentemente da cota do terreno, o que vai de encontro aos resultados de vários estudos efectuados em videiras, em dias típicos de Verão mediterrâneo (Chaves *et al*., 1987; Naor *et al*., 1994; Osório, 1994; Chaumont *et al*., 1994, 1997).

Verificou-se também que nas folhas das videiras da cota superior do terreno as concentrações em clorofila *a*, *b* e *total* e em carotenóides totais eram mais reduzidas do que nas folhas das videiras da cota inferior do terreno (quadro II). Os resultados obtidos mostraram ainda que nas folhas das videiras da cota superior os decréscimos em clorofila *a* foram relativamente mais acentuados

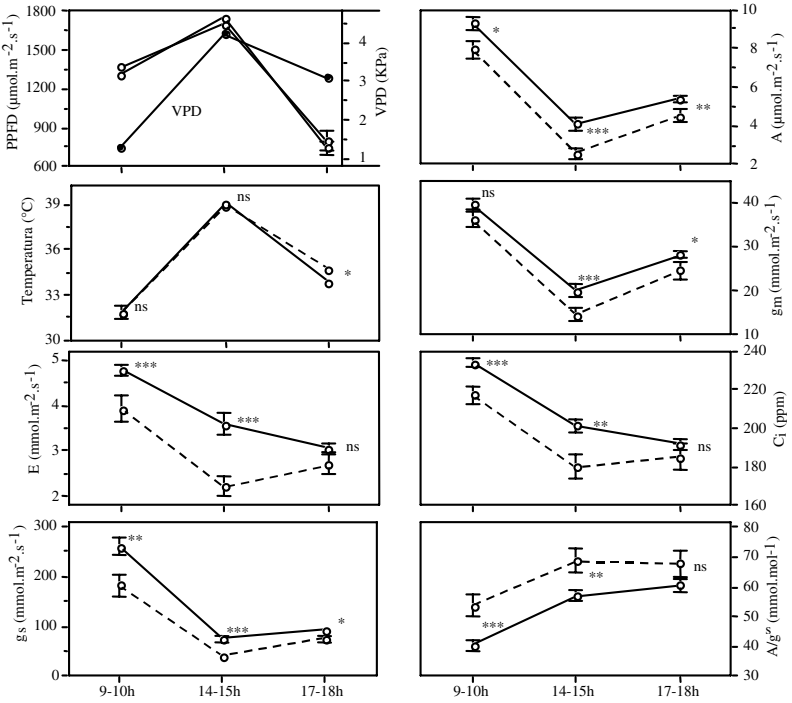


Fig. 3 - Evolução diurna da assimilação líquida de CO_2 (A), condutância estomática (gs), taxa de transpiração (E), concentração em CO_2 nos espaços intercelulares (C_i), eficiência intrínseca do uso da água (A/ g_s), condutância do CO_2 no mesófilo (g_m), densidade de fluxo fotónico fotossinteticamente activo (PPFD), défice de pressão de vapor de água do ar (VPD), e temperatura de ar medidos em 29 julho 1996 em folhas de videiras da cota inferior e cota superior do terreno (linhas a cheio e a tracejado, respectivamente). Os valores médios (n=24) estão afectados do erro padrão (por vezes eclipsado pelo símbolo).

Diurnal changes in net CO_2 assimilation rate (A), stomatal conductance (g_s), transpiration rate (E), internal CO_2 concentration (C), intrinsic water use efficiency (A/ g_s), mesophyll conductance to CO_2 (g_m), photosynthetic photon flux density (PPFD), air water vapour pressure deficit (VPD), and air temperature measured on 29 July 1996 for lower (solid line) and upper plot (broken line) grapevines. Each point is an average and vertical bars (not shown if smaller than symbols) represent the S.E. of measurements of 24 different leaves

do que em clorofila *b*, pelo que a razão entre estas duas formas foi aí mais deprimida do que nas folhas das videiras da cota inferior do terreno. De acordo com Candolfi-Vasconcelos (1990), as menores razões *Cla/b*, quando associadas a menores teores em clorofila *total*, reflectem um aumento do complexo captador de luz clorofila *a/b*-proteína, relativamente ao conteúdo total de clorofila dos cloroplastos. Este complexo contém toda a clorofila *b* e está intimamente associado ao PSII.

No que concerne aos teores em açúcares solúveis e amido, pôde-se registar

uma certa analogia com o que se observou ao nível das trocas gasosas das folhas das videiras das duas cotas do terreno. Com efeito, as concentrações de sacarose e amido foram bastante mais elevadas nas folhas das videiras da cota inferior do terreno (quadro II), precisamente onde se determinaram as maiores taxas fotossintéticas (figura 3). Aliás, também nos estudos efectuados por Chaves (1986) se constatou que os teores em açúcares redutores e solúveis eram mais elevados nas folhas com maior actividade fotossintética. Quanto ao amido, Botos-Bålo *et al*. (1992) puderam registar, através de imagens obtidas em microscópio electrónico, que os cloroplastos das folhas com maior capacidade fotossintética tinham grãos de amido muito mais volumosos. Neste ensaio é ainda de sublinhar o acréscimo de concentração de sacarose e, principalmente, de amido, desde manhã cedo até à tarde, confirmando as mesmas tendências referidas por Osório (1994), Chaumont *et al.* (1994) e Hunter *et al*. (1995), em ensaios de campo.

QUADRO II

Teor médio (±S.E.) em pigmentos fotossintéticos (n=20) (clorofila *a*, Cl*a*, clorofila *b*, Cl*b*, clorofila total, Cl*tot*, carotenóides totais, *Car*, razão Cl*a/b*, razão Cl*tot/Car*) e açúcares (n=16) (sacarose, açúcares solúveis e amido, expresso em equivalentes de hexoses) em folhas de videira da cota inferior e da cota superior da parcela de vinha "ao alto".

Average values (±S.E.) of photosynthetic pigments (n=20) (chlorophyll a, Cla, chlorophyll b, Clb, total chlorophyll, Cltot, total carotenoids, Car, ratio Cla/b, ratio Cltot/Car) and sugars (n=16) (sucrose, soluble sugars and starch, express in equivalents of hexoses) in leaves of grapevines at lower and upper plot vineyard.

Metabolitos analisados		Cota Inferior	Cota Superior	Signif.
Pigmentos fotossintéticos				
- Cl*a* (mg.dm^{-2})		3,471 (±0,123)	2,865 (±0,088)	***
- Cl*b* (mg.dm^{-2})		1,294 (±0,054)	1,120 (±0,040)	**
- Cl*a/b*		2,703 (±0,042)	2,568 (±0,025)	*
- Cl*tot* (mg.dm^{-2})		4,764 (±0,174)	3,984 (±0,127)	***
- *Car* (mg.dm^{-2})		0,564 (±0,012)	0,502 (±0,013)	**
- Cl*tot/Car*		8,483 (±0,307)	7,962 (±0,212)	*
Açucares				
- Sacarose (µmol.cm^{-2})	6 h	0,300 (±0,022)	0,209 (±0,010)	***
	16 h	0,631 (±0.025)	0,428 (±0,020)	***
- Solúveis (µmol.cm^{-2})	6 h	0,786 (±0,037)	0,765 (±0,029)	ns
	16 h	1,544 (±0,041)	1,461 (±0,035)	ns
- Equ.Hex. (µmol.cm^{-2})	6 h	0,071 (±0,006)	0,069 (±0,020)	ns
	16 h	0,933 (±0,083)	0,511 (±0,064)	***

Quanto à análise dos parâmetros de vegetação, a estimativa da superfície foliar total permitiu constatar a ausência de diferenças significativas ao pintor mas à maturação, para além do esperado decréscimo de área foliar em todas

as videiras, a área foliar das videiras da cota inferior do terreno foi significativamente mais elevada (quadro III), presumivelmente porque nesta fase adiantada do ciclo vegetativo as diferenças de água disponível entre os solos das duas cotas do terreno eram mais acentuadas e, por conseguinte, mais discriminatórias do desenvolvimento vegetativo das videiras. Em termos de densidade do copado, verificou-se que as paredes de vegetação eram menos

QUADRO III

Valores médios (± erro padrão) do peso de lenha de poda por videira, peso por lançamento, área foliar total por metro de bardo, nº médio de camadas de folhas, PPFD (% da radiação ambiente) e razão R/FR no interior dos copados, produção/videira, nº de cachos/videira, peso/cacho, peso/bago, I.Ravaz (índice de Ravaz=produção/lenha de poda) e teor em açúcar, acidez total e pH dos bagos, nas videiras da cota inferior e da cota superior da parcela de vinha "ao alto".

Average values (± S.E.) of pruning weight per grapevine, shoot weight, total leaf area per meter of canopy wall, mean leaf layer number and PPFD (% of ambient sunlight) and red to far red ratio inside canopy, yield, bunch number, bunch weight, berry weight and Ravaz index (yield/pruning weight) and sugar content, total acidity and pH of the berry, of grapevines in the lower and upper plot vineyard.

Parâmetros avaliados	Fase do ciclo vegetativo	Cota Inferior	Cota Superior	Significância
Peso de lenha de poda ($Kg.cepa^{-1}$)		0,77 (±0,03)	0,74 (±0,03)	ns
Peso/lançamento (g)		54,9 (±2,6)	71,3 (±3,7)	***
Índice de área foliar	Ao pintor[a]	10,5 (±0,4)	10,0 (±0,2)	ns
($m^2.m^{-2}$)	À maturação	6,6 (±0,1)	6,2 (±0,1)	**
Nº médio de camadas de folhas	Ao pintor[a]	2,99 (±0,10)	2,93 (±0,11)	ns
	À maturação	2,48 (±0,08)	1,77 (±0,07)	***
PPFD (%) no interior do copado (n=16)	Ao pintor[a]	0,69 (±0,08)	1,81 (±0,14)	***
	À maturação	4,26 (±0,38)	11,51 (±1,01)	***
R/FR no interior do copado (n=30)	Ao pintor[a]	0,28 (±0,01)	0,36 (±0,01)	***
Produção (Kg/cepa)		3,68 (±0,12)	2,74 (±0,08)	***
Cachos (nº/cepa)		24,8 (±0,5)	19,0 (±0.4)	***
(peso, g)		147,7 (±3,3)	143,6 (±3,4)	ns
Bagos[b] (g/bago)		1,89 (±0,04)	2,04 (±0,04)	**
Índice de Ravaz		5,36 (±0,25)	4,35 (±0,26)	**
Açúcar nos bagos[b]	3 Set	189,1 (±3,7)	195,4 (±1,8)	ns
(g/l)	25 Set (vindima)	201,4 (±3,9)	207,6 (±2,2)	ns
Acidez total nos bagos[b]	3 Set	5,23 (±0,07)	4,53 (±0,06)	***
(g ac. tartárico/l)	25 Set	4,44 (±0,08)	4,04 (±0,10)	***
pH do mosto[b]	25 Set	3,65 (±0,03)	3,77 (±0,02)	***

[a] Determinações efectuadas em 20 de Julho (50% dos cachos em pintor).

[b] n=12

densas (menor nº de camadas de folhas) nas videiras da cota superior do terreno (quadro III), particularmente no período da maturação em que a senescência das folhas da base dos sarmentos era bastante expressiva. Ao nível do microclima luminoso no interior do copado, a PPFD interceptada na zona dos cachos das videiras da cota superior do terreno foi, por conseguinte, mais elevada e as diferenças acentuaram-se significativamente desde o pintor até à maturação. Quanto à razão R/FR, em geral, também os maiores valores foram determinados nas videiras com menor carga à poda (quadro III). De referir que, mesmo na outra modalidade, onde essas razões foram menores, os valores médios estiveram bastante acima de 0,1, limite abaixo do qual os copados são considerados excessivamente densos e desfavoráveis para importantes aspectos do metabolismo vegetativo e reprodutivo das videiras (Smart e Robinson, 1991; Dokoozlian e Kliewer, 1995a, 1995b).

A estimativa da expressão vegetativa permitiu observar um certo paralelismo com superfície foliar total das videiras de cada cota do terreno no período do pintor, como aliás também foi realçado por Murisier (1996) em ensaios efectuados com as cultivares Chasselas e Gamay. Nessa estimativa não se registaram diferenças significativas entre as duas modalidades (quadro III). Já no que respeita ao vigor, foi nas videiras da cota superior do terreno que, por terem sido podadas com menor carga, os sarmentos cresceram muito mais vigorosamente (quadro III). Tanto Clímaco e Chaves (1984) como Gal *et al*. (1996) chegaram a idênticas conclusões, quanto à expressão vegetativa e vigor das videiras podadas com diferente carga, embora em condições edáficas muito homogéneas. No nosso ensaio, dadas as diferenças que existiam entre os solos das duas cotas, em textura (quadro I) e supostamente em profundidade, as diferenças, em termos de expressão vegetativa, teriam sido certamente mais acentuadas, caso a carga à poda tivesse sido a mesma em todas as videiras da parcela. Isto mesmo foi constatado por Myburgh *et al*. (1996) em videiras implantadas em solos com diferente profundidade.

Relativamente à produção de uvas, registaram-se diferenças bastante significativas entre as videiras das duas cotas, quer a nível qualitativo quer quantitativo. O índice de maturação, expresso pela razão entre os açúcares e a acidez total dos bagos, foi mais elevado nas videiras da cota superior do terreno mas, em contrapartida, foi nas videiras da cota inferior do terreno que a produção de uvas por cepa foi mais elevada (acréscimos de 34%), devido essencialmente ao maior número de cachos por videira (quadro III). As mesmas tendências tinham já sido referidas por outros autores, designadamente por Clímaco e Chaves (1984) na cv. "Vital", Yuste *et al*. (1996) na cv. "Tempranillo" e Murisier (1996) na cv. "Chasselas".

O índice de Ravaz, calculado através do quociente entre o peso de uvas de cada videira e o respectivo peso da lenha de poda, revelou que as videiras da

cota inferior geriram muito melhor a repartição de assimilados pelas "*sinks*" vegetativa e reprodutiva. Com efeito, foi nessa cota do terreno que esse índice foi mais elevado (quadro III), ultrapassando mesmo o limite de 5, valor abaixo do qual Bravdo *et al*. (1985) consideraram como desajustado entre as referidas "*sinks*", em prejuízo do volume de colheita. Os baixos índices de Ravaz calculados nas videiras da cota superior do terreno, positivamente relacionados com uma maior proporção de órgãos "*source*" em relação à quantidade de cachos (Smart e Robinson, 1991), justificam, em certa medida, a tendência para maiores teores em açúcar dos bagos nessa modalidade.

CONCLUSÕES

Na Região Demarcada do Douro, a formação de uma vinha segundo as linhas de maior declive tem como principal inconveniente, para o solo da cota mais elevada da parcela, o gradual empobrecimento em elementos argilo-húmicos, devido à acção dos agentes meteorológicos, e a consequente diminuição da capacidade de armazenamento de água. Esta realidade obriga a um reajustamento permanente das práticas culturais visando, por um lado, a preservação dos solos nessa zona do terreno e, por outro lado, o prolongamento, tanto quanto possível, da longevidade e capacidade produtiva das videiras aí implantadas. No presente trabalho, foi possível verificar diferenças de comportamento a nível fisiológico e a nível produtivo entre as duas situações em estudo:

(1) durante o período estival, tanto o potencial hídrico foliar como a capacidade fotossintética das folhas expostas das videiras da cota superior do terreno foram mais reduzidas; a nível do mesófilo clorofilino, a menor taxa de assimilação líquida de CO_2 esteve associada a menores teores em clorofila *a*, *b* e *total*, e em carotenóides totais.

(2) durante a maturação, a senescência foliar foi menos intensa nas videiras da cota inferior do terreno, o que é confirmado pela menor PPFD interceptada na zona dos cachos dessas videiras, durante este período.

(3) a produção de uvas por cepa foi bastante menor nas videiras da cota superior do terreno; em contrapartida, o índice de maturação, expresso pela razão entre os açúcares e a acidez total dos bagos, foi maior nessa videiras do que nas videiras da cota inferior do terreno, onde o quociente entre o peso de uvas de cada videira e o respectivo peso de lenha de poda foi mais equilibrado.

RESUMÉ

Comportement physiologique et agronomique de cv. Touriga Nacional dans une "vigne en pente" dans la Région Délimité du Douro

Dans cette étude, on a procédé à la caractérisation du comportement physiologique et viticole de ceps implantés sur la partie supérieure et inférieure d'une parcelle de vigne cultivée dans le sense de la pente. Les conditions édaphiques de la partie située au niveau inférieur ont permit aux ceps plantés à cet endroit de bénéficier durant la période estivale de meilleures conditions hydriques. Cette situation a produit des effets positifs sur la capacité de photosynthèse des feuilles et, par ailleurs, a réduit la tombée de celles-ci durant la période de maturation. D'un point de vue agronomique, en ce qui concerne les ceps situés sur la partie supérieure de la parcelle, l'indice de maturation des raisins s'est avéré plus élevé mais, à l'inverse, les valeurs concernant tant la production des raisins comme l'indice de Ravaz ont été plus baisses.

SUMMARY

Physiological and agronomic behaviour of cv. Touriga Nacional in a "slope vineyard" at the Demarcated Douro Region

The aim of this study was to compare the vegetative and viticultural behaviour of grapevines on the upper and lower edges of a vineyard planted in the slope direction. The soil conditions of the grapevines implanted in the lower part of the plot had permitted better water conditions during the summer period. This situation had positive consequences in leaf photosynthetic capacity and had minimised the foliar senescence in the ripeness period. From an agronomical point of view, in the grapevines of the upper part of the plot, the grapes maturation index was higher but, on the other hand, the production and the Ravaz index was lower.

AGRADECIMENTOS

Agradece-se à Sogrape S.A. e ao Senhor Joaquim Fernandes pelas facilidades concedidas na realização dos trabalhos de campo. À UTAD e PRODEP estamos igualmente gratos pelos meios que nos foram disponibilizados para a realização das experiências aqui referidas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Aguiar F.B., 1987. *Comportamento à tracção do tractor de rasto nos novos sistemas de cultura da vinha na Região Demarcada do Douro*. Tese de doutoramento, UTAD, Vila Real, 133 pp..

Almeida J.N., Aguiar F.B. e Magalhães N., 1982. *Mecanização das vinhas de encosta. Contribuição para o estudo da vinha ao alto*. Régua, ADVID, 89 pp..

Botos-Bâlo B., Váradi G., Pölös E., Happ I., 1992. Effect of shading on the photosynthetic apparatus of 'Chardonnay' vine leaves. *Proceedings of the IV International Symposium on Grapevine Physiology*, Torino (Italia), 555-558.

Bravdo B., Hepner Y., Loinger C., Tabacman H., 1985. Effect of irrigation and crop level on growth, yield and wine quality of Cabernet Sauvignon. *Am. J. Enol. Vitic*., **36**: 132-139.

Campbell G.S., 1986. Extinction coefficients for radiation in plant canopies calculated using an ellipsoidal inclination angle distribution. *Agric. Forest Meteorol*., **36**: 317-321.

Candolfi-Vasconcelos M.C., 1990. *Compensation and stress recovering related to leaf removal in Vitis vinifera*. PHD. dissertation. Swiss Fed. Inst. of Technology Zurich, 59 pp..

Champagnol F., 1978. Aspects physiologiques de la qualité de la vendange. *Le progrès agricole et viticole*, **95**(9): 266-275.

Chaumont M., Morot-Gaudry J-F., Foyer C.H., 1994. Seasonal and diurnal changes in photosynthesis and carbon partitioning in *Vitis vinifera* leaves in vines with and without fruit. *Journal of Experimental Botany*, **45**(278): 1235-1243.

Chaumont M., Osório M.L., Chaves M.M., Vanacker H., Morot-Gaudry J.-F., Foyer C.H., 1997. The absence of photoinhibition during the mid-morning depression of photosynthesis in *Vitis vinifera* grown in semi-arid and temperate climates. *J. Plant Physiol.*, **150**: 743-751.

Chaves M.M., 1986. *Fotossíntese e repartição dos produtos de assimilação em Vitis vinifera L.*. Tese de Doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa, 220 pp..

Chaves M.M., Harley P.C., Tenhunen, J.D., Lange O.L., 1987. Gas exchange studies in two Portuguese grapevine cultivars. *Physiol. Plantarum*, **70**: 639-647.

Clímaco P., Chaves M.M., 1984. Influência da distância ao solo do sistema de condução na produtividade fotossintética e na produção da videira. *Ciência e Téc. Vitiv*., **3**(1): 5-21.

Dokoozlian N.K., Kliewer W.M., 1995a. The light environment within grapevine canopies. I. Description and seasonal changes during fruit development. *Am. J. Enol. Vitic.*, **46**(2): 209-218.

Dokoozlian N.K., Kliewer W.M., 1995b. The light environment within grapevine canopies. II. Influence of leaf area density on fruit zone light environment and some canopy assessment parameters. *Am. J. Enol. Vitic.*, **46**(2): 219-226.

Düring H., 1994. Photosynthesis of ungrafted and grafted grapevines: effects of rootstock genotype and plant age. *Am. J. Enol. Vitic.*, **45**(3): 297-299.

Farquhar G.D., Sharkey T.D., 1982. Stomatal conductance and photosynthesis. *Ann. Rev. Plant Physiol*., **33**: 317-345.

Félix R., Guerra J., 1998. Influence du système d'installation sur le comportement des cépages Touriga Nacional et Tinta Barroca dans les ecossystèmes du Douro. *Actas do "XXIII Congrès Mondial de la vigne et du vin*", Lisboa (Portugal), I: 116-120.

Flexas J., Escalona J.M, Medrano H., 1998. Down-regulation of photosynthesis by drought under field conditions in grapevine leaves. *Aust. J. Plant Physiol.*, **25**: 893-900.

Gal Y., Naor A., Bravdo B., 1996. Effect of shoot density, crop level and crop load on fruit and wine quality of 'Sauvignon Blanc' grapes. *Proc. Workshop Strategies to Optimize Wine Grape Quality, Acta Horticulture*, **427**: 151-159.

Hunter J.J, Ruffner H.P., Volschenk C.G., 1995. Starch concentrations in grapevines leaves, berries and roots and effect of canopy management. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, **16**(2): 35-40.

Jones M.G., Outlaw W.H., Lowry O.H., 1977. Enzymic assay of 10^{-7} to 10^{-14} moles of sucrose in plant tissues. *Plant Physiol*., **60**: 379-383.

Lichtenthaler H.K., 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzimology*, **148**: 350-382.

Magalhães N.P., 1998. A cultura da vinha na Região do Douro. **In** *Enciclopédia dos vinhos de Portugal: O vinho do Porto e os vinhos do Douro*. pp. 80-107, Chaves Ferreira - Publicações, S.A., Lisboa.

Moutinho-Pereira J.M., Torres-Pereira J.M., 2000. Dados Meteorológicos da Quinta do Seixo (Tabuaço) desde Maio de 1995 a Dezembro de 1999. *Série Técnica-Científica - Ciências Aplicadas* **36**, Vila Real, UTAD, 69 pp..

Murisier F., 1996. *Optimalisation du rapport feuille-fruit de la vigne pour favoriser la qualité du raisin et l'accumulation des glucides de réserve. Relation entre le rendement et la chlorose*. Thèse de Docteur-Ingénieur, Ecole Polytechnique Fédérale de Zurich, 132 pp..

Myburgh P.A., Van Zyl J.L., Conradie W.J., 1996. Effect of soil depth on growth and water consumtion of young *Vitis vinifera* L. cv. Pinot noir. *S. Afr. J. Enol. Vitic.*, **17**(2): 53-62.

Naor A., Bravdo B., Gelobter J., 1994. Gas exchange and water relations in field-grown Sauvignon blanc grapevines. *Am. J. Enol. Vitic*., **45**(4): 423-428.

OIV, 1990. *Recueil des méthodes internationales d'analyse des vins et des moûts*. Ed. Officielle, Paris.

Oliveira M.T. , Santos M., 1995. A semi-empirical method to estimate canopy leaf area of vineyards. *Am. J. Enol. Vitic*., **46**(3): 389-391.

Osório M.L., 1994. *Fotossíntese e aclimatação a temperaturas elevadas em Lupinus albus L. e Vitis vinifera L.* Tese de Doutoramento, Universidade Técnica de Lisboa, 211 pp..

Queiroz J.B., 1996. *Intervenções em verde e sua influência no rendimento e na qualidade. Touriga Nacional - Douro*. Tese de mestrado em Viticultura e Enologia, Universidade do Porto, 95 pp..

Scholander P.F., Hammel H.T., Bradstreet E.D., Hemmingsen E.A., 1965. Sap pressure in vascular plants: negative hidrostatic pressure can be measured in plants. *Science*, **148**: 339-346.

Sesták Z., Castky J., Jarvis P. G. (eds.), 1971 - *Plant photosynthetic production. Manual of methods*. Dr. W. Junk Publ, Haia, 818 pp..

Smart R.E., Robinson M., 1991. *Sunlight into wine. A Handbook for Winegrape Canopy Management. Winetitles,* Adelaide, 88 pp..

Smart R.E., 1987. The light quality environment of vineyards. In: *Physiologie de la vigne*, OIV Paris, 370-373.

von Caemmerer S., Farquhar G.D., 1981. Some relationships between the biochemistry of photosynthesis and gas exchange of leaves. *Planta*, **153**: 376-387.

Yuste J., Peláez H., Rubio J.A., Lissarrague J.R., 1996. Consequencias del nivel de poda y sistemas de conduccion en viñedo. *Agricultura, Revista Agropecuária*, **65**(771): 861-866.