



ANA CAROLINA FAVERO

**VARIAÇÃO DE FATORES BIÓTICOS E
ABIÓTICOS NA RESPOSTA FISIOLÓGICA DAS
PLANTAS E QUALIDADE DOS FRUTOS DA
VIDEIRA ‘SYRAH’**

**LAVRAS – MG
2011**

ANA CAROLINA FAVERO

**VARIAÇÃO DE FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS NA RESPOSTA
FISIOLÓGICA DAS PLANTAS E QUALIDADE DOS FRUTOS DA
VIDEIRA ‘SYRAH’**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

Orientador

Dr. Murillo de Albuquerque Regina

Coorientadoras

Dr^a Ângela Maria Soares

Dr^a Cassandra Collins

LAVRAS – MG

2011

**Ficha Catalográfica Preparada pela Divisão de Processos Técnicos da
Biblioteca da UFLA**

Favero, Ana Carolina.

Variação de fatores bióticos e abióticos na resposta fisiológica das plantas e qualidade dos frutos da videira 'Syrah' / Ana Carolina Favero. – Lavras : UFLA, 2011.

116 p. : il.

Tese (doutorado) – Universidade Federal de Lavras, 2011.

Orientador: Murillo de Albuquerque Regina.

Bibliografia.

1. *Vitis vinifera* L. 2. Porta-enxerto. 3. Sistema de condução. 4. Carboidratos. 5. Necrose das gemas primárias. I. Universidade Federal de Lavras. II. Título.

CDD – 634.83

ANA CAROLINA FAVERO

**VARIAÇÃO DE FATORES BIÓTICOS E ABIÓTICOS NA RESPOSTA
FISIOLÓGICA DAS PLANTAS E QUALIDADE DOS FRUTOS DA
VIDEIRA ‘SYRAH’**

Tese apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, área de concentração em Produção Vegetal, para a obtenção do título de Doutor.

APROVADA em 25 de fevereiro de 2011

Dr. Nilton Nagib Jorge Chalfun	UFLA
Dr. João Paulo Rodrigues Alves Delfino Barbosa	UFLA
Dr ^a Renata Vieira da Mota	EPAMIG
Dr ^a Cláudia Rita de Souza	EPAMIG

Dr. Murillo de Albuquerque Regina

Orientador

Dr^a Ângela Maria Soares

Dr^a Cassandra Collins

Coorientadoras

LAVRAS – MG

2011

*Aos meus amados pais, Tarciso e Dora,
presentes em todos os momentos e confortando
sempre com muito amor,*

OFEREÇO

*À avó Lourdes e tias Mainha e
Magô, por todo carinho, preocupação,
incentivo e orações,*

DEDICO

AGRADECIMENTOS

A Deus pela família e amigos, pela proteção e pela oportunidade de aprender e ensinar.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Agricultura, pela oportunidade concedida para a realização do doutorado.

À CAPES, pelas bolsas concedidas no Brasil e no exterior.

À Universidade de Adelaide e ao “Plant Research Centre”, pela oportunidade oferecida para desenvolver o estágio de doutorado sanduíche.

Ao meu orientador, pesquisador Dr. Murillo de Albuquerque Regina pela valiosa orientação e amizade; pela sua grandiosa paciência, confiança e total apoio; fundamentais para a realização de um grande sonho.

À Prof^a Dr^a Cassandra Collins, orientadora no exterior, pela recepção carinhosa, pela confiança e profissionalismo; por todo incentivo, ensinamentos, paciência e principalmente pela amizade.

À Prof^a Dr^a Ângela Maria Soares, pela coorientação, pelas excelentes aulas e pelo agradável convívio.

À Banca Examinadora Prof. Dr. Moacir Pasqual, Prof. Dr. Nilton Nagib Jorge Chalfun, Prof. Dr. João Paulo R. A. Delfino Barbosa, Dr^a Claudia Rita de Souza e aos suplentes Dr. Ângelo Albérico Alvarenga e Dr^a Renata Vieira da Mota pela disponibilidade de avaliação e grande contribuição ao trabalho.

Ao meu querido noivo, pesquisador Daniel Angelucci de Amorim, pela enorme ajuda nos experimentos, por me apoiar em todas as decisões e por todo amor dedicado.

À pesquisadora e amiga Dr^a Renata Vieira da Mota, por toda calma, sabedoria e dedicação que disponibiliza para ensinar; pela enorme ajuda e contribuição para a realização deste trabalho.

À pesquisadora Dr^a Cláudia Rita de Souza, pela amizade, pela grande contribuição e parceria nas más dormidas e divertidas madrugadas de avaliações.

Ao Prof. Dr. Peter Dry, pesquisador pelo qual tenho grande admiração, pelas conversas inspiradoras e pelas preciosas dicas e informações.

Ao gerente do Núcleo Tecnológico EPAMIG Uva e Vinho, César Augusto de Oliveira Fabrino, por ceder toda a estrutura necessária para a realização deste trabalho.

À fazenda SICAFSA pela concessão do vinhedo município de Pirapora, MG.

À querida amiga pesquisadora, Catherine M. Cox-Kidman, pela parceria na realização dos trabalhos, pelas visitas técnicas aos vinhedos e vinícolas da Austrália e pelo agradável convívio.

Aos queridos amigos Claudinéia F. Nunes, Gustavo F. Freitas, Regimeire F. Aquino, Franciane T. Braga, Aurinete Val, Bárbara D. F. Soares e Marité C. Dal' Osto pela prazerosa amizade e por toda ajuda sempre disponibilizada.

Ao pesquisador e amigo Dr. Geraldo Magela de Almeida Cançado, pelo grande incentivo e ajuda para a realização do estágio no exterior.

À Isa M. de Lima, técnica em laboratório, e Camila P. C. Silva, estagiária, por toda ajuda nas análises e principalmente pela amizade e agradável convívio.

Aos amigos da Universidade de Adelaide, Suzanne McKay, Irina Santiago, Luke Johnsnton, Sandra Olarte, Benjamin Pike, Christopher Coffey e Yanjing Wang, por toda ajuda, pelos ensinamentos e pelos inesquecíveis momentos de descontração.

Aos meus queridos irmãos, Junior e Cris, minha cunhada Nívia e todos os tios e primos pelo incentivo e carinho.

À minha prima, Maria Ângela Favero-Nunes pela importância que tem em minha vida, pela grande ajuda e por nunca me deixar desistir.

Às minhas amigas da UNESP de Jaboticabal, Eliana G. Bertin, Lucimara A. Borges, Luciana T. Salatiel, Sany S. Aleixo e Luciana Toda, irmãs de coração pelas quais tenho grande admiração e saudade, e que mesmo estando distantes sempre incentivam, apóiam e dividem conquistas e dificuldades.

A todos os funcionários da EPAMIG de Caldas que colaboraram para a realização deste trabalho.

À secretária do Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, Marli dos Santos Túlio, pela admirável paciência, pela competência e pela disponibilidade para ajudar e solucionar os problemas.

Às amigas Néia, Andréia, Fran, Laurinha e Aline pela generosa e animada hospedagem oferecida na “YHA”.

Aos familiares, amigos, professores e a todos que de alguma forma contribuíram para conclusão deste trabalho, muito obrigada!

Thank you very much!

RESUMO

A expansão da vitivinicultura para novas regiões requer informações básicas de manejo para orientar viticultores interessados nessa nova atividade. Desenvolvido em duas etapas, o presente trabalho teve por objetivos: avaliar o desempenho de dois sistemas de condução em uma região promissora para o cultivo de uvas para vinhos finos e, buscar inovações para estudos do manejo das videiras em um país de viticultura bem estabelecida. No primeiro experimento foi avaliado o comportamento de um vinhedo de 'Syrah' conduzido nos sistemas espaldeira (VSP) e Dupla Cortina de Geneva modificado (GDC_M) em Pirapora, MG. Avaliações de potencial hídrico, fotossíntese, composição físico-química dos frutos e produtividade foram realizadas no final do período da maturação. Plantas conduzidas em VSP apresentaram melhor hidratação, porém, a fotossíntese líquida não foi afetada pelos tratamentos. O sistema GDC_M apresentou maior produtividade e maior área foliar nas duas safras avaliadas. No momento da colheita, o teor de sólidos solúveis totais do sistema GDC_M foi mais elevado do que o VSP apenas em um ano de avaliação; entretanto não houve diferença para os açúcares redutores em ambas as safras. A acidez total e o teor de ácidos orgânicos também não apresentaram diferenças entre os tratamentos. Teores de antocianinas foram mais elevados no sistema GDC_M em 2007, porém mesma tendência não foi verificada em 2008. O teor de polifenóis totais nas cascas foi maior para o sistema VSP apenas em 2008 e as menores concentrações de polifenóis totais nas sementes foram verificadas para o sistema GDC_M somente em 2007. Ambos os tratamentos apresentaram frutos com bom padrão de maturação, mas o GDC_M foi considerado o melhor sistema para a região em estudo devido sua maior produtividade. Na segunda parte do projeto, videiras 'Syrah', enxertadas sobre três diferentes porta-enxertos e cultivadas em duas regiões do Sul da Austrália foram utilizadas para a avaliação do efeito dos porta-enxertos no acúmulo de carboidratos, na fertilidade das gemas e na necrose das gemas primárias (PBN). Amostras de troncos, ramos e raízes foram coletadas durante o período de dormência para análise de carboidratos (amido) e, através da dissecação das gemas, foram contados o número de primórdios florais e a incidência de PBN. A concentração de carboidratos diferiu entre os porta-enxertos nas duas regiões estudadas. Os porta-enxertos afetaram a fertilidade das gemas e a incidência de PBN, que foram correlacionadas com a alta concentração de amido. O estresse hídrico não influenciou a PBN, entretanto, a fertilidade prévia total foi maior nos tratamentos sem irrigação. Foi verificada uma relação entre o genótipo do porta-enxerto, concentração de carboidrato, fertilidade da gema e necrose das gemas primárias.

Palavras-chave: *Vitis vinifera* L. Sistema de condução. Porta-enxertos. Carboidratos. Necrose das gemas primárias.

ABSTRACT

The expansion of winegrapes into new regions requires basic management information to guide growers interested in this new activity. Developed in two stages, this study aimed to assess the performance of two trellising systems in a promising region for growing winegrapes, and looking for innovations to study the management of the vines in a country with a well established viticulture. In the first experiment, it was evaluated the behavior of a 'Syrah' vineyard, trained in two trellis systems, the vertical shoot position (VSP) and a modified Geneva Double Curtain (GDC_M) in Pirapora, MG. Measurements of water potential, photosynthesis, physical-chemical composition of fruits and yield were made at the end of the ripening period. Plants grown in VSP showed better water status, however, net photosynthesis was not affected by treatments. GDC_M trellis, had higher yield and leaf area at both seasons evaluated. At harvest, the soluble solids content of the GDC_M system was higher than the VSP only in one year of assessment; however no difference was observed for reducing sugars in both seasons. Titratable acidity and organic acids contents showed no significant differences between treatments at harvest. Anthocyanins were higher in the GDC_M system in 2007, but the same trend was not observed in 2008. Skin total phenolics contents were higher to VSP only in 2008 and the lower seeds total phenolics concentrations were observed to the GDC_M trellis only in 2007. Both treatments presented fruits with good maturation patterns, but the GDC_M trellis was considered the best trellis to the region of the study due to its higher productivity. To the second part of this project, 'Syrah' grapevines, grafted onto three different rootstocks and grown into two regions of South Australia were used to evaluate the effect of rootstocks on the accumulation of carbohydrates, bud fertility and primary bud necrosis (PBN). Samples of trunks, branches and roots were collected during the dormancy for carbohydrates (starch) analysis and, by bud dissection buds were scored for the number of inflorescence primordia and incidence of PBN. Carbohydrate concentration differed between the rootstocks at both sites. Rootstocks affected the bud fertility and the incidence of PBN which correlated with high root starch concentration. Water stress had no significant influence on PBN; however, overall predicted fruitfulness was significantly increased in unirrigated treatments. A relationship between rootstock genotype, carbohydrate concentration, bud fertility and PBN was found.

Keywords: *Vitis vinifera* L. Trellis system. Rootstocks. Carbohydrates. Primary bud necrose.

SUMÁRIO

PRIMEIRA PARTE	
1	INTRODUÇÃO..... 12
2	REFERENCIAL TEÓRICO..... 16
2.1	A viticultura brasileira..... 16
2.2	Cultivar Syrah..... 17
2.3	Sistemas de condução e sustentação..... 19
2.3.1	Sistema de sustentação tipo Espaldeira (Vertical Shoot Position - VSP)..... 21
2.3.2	Sistema de sustentação tipo Dupla Cortina de Geneva (Geneva Double Curtain – GDC)..... 23
2.3.3	Influência do sistema de condução sobre o crescimento e fisiologia da videira..... 24
2.3.4	Influência do sistema de condução sobre a composição da uva 29
2.4	Índices de maturação de uvas destinadas à vinificação..... 31
2.5	Porta-enxertos..... 38
2.6	Carboidratos..... 41
2.7	Fertilidade e necrose primária das gemas (Primary Bud Necrosis – PBN)..... 44
3	CONCLUSÃO..... 46
	REFERÊNCIAS..... 51
SEGUNDA PARTE – ARTIGOS	
	ARTIGO 1 Physiological responses and production of 'Syrah' vines as a function of training systems Normas da revista Scientia Agricola (versão publicada)..... 62

ARTIGO 2 Fruit composition of 'Syrah' vines as a function of training systems	
Normas da revista Scientia Agricola (versão preliminar).....	80
ARTIGO 3 Rootstock effects on carbohydrate storage and the relationship with bud fertility and primary bud necrosis in <i>Vitis vinifera</i> L. cv Shiraz	
Normas da revista American Journal of Enology and Viticulture (versão preliminar).....	98

1 INTRODUÇÃO

O Brasil possui em torno de 80 mil hectares de videiras plantadas, (AGRIANUAL, 2011). No ano de 2009, a produção de uvas somou aproximadamente 1,35 milhão de toneladas, sendo 668 mil toneladas destinadas ao mercado de uva *in natura* e as 678 mil toneladas restantes destinadas ao processamento para elaboração de vinhos, sucos e derivados (INSTITUTO BRASILEIRO DO VINHO – IBRAVIN, 2010). A produção nacional de vinhos finos ainda é bastante pequena e concentra-se nas regiões Sul e Nordeste. Com o aumento da demanda e a pequena oferta do produto, o país importa, principalmente dos países sul americanos e europeus, aproximadamente 76% dos vinhos finos consumidos pelos brasileiros. Buscando inverter esta situação de grande dependência de importações para atender a demanda, tanto a produção quanto a qualidade dos vinhos nacionais tem passado por um processo constante de evolução. Neste processo, a história recente da viticultura nacional pode ser dividida em 4 períodos, sendo o primeiro o de implantação, que foi caracterizado pela produção de vinhos oriundos das cultivares americanas; o segundo, pela busca de diversificação dos produtos com a introdução de híbridos e cultivares da espécie *Vitis vinifera*; o terceiro, pelo incremento da qualidade advindo da incorporação dos vinhos varietais, e, recentemente, o quarto, que busca a identidade regional dos vinhos pela determinação de indicação geográfica (TONIETTO; MELLO, 2001 citados por TONIETTO, 2002).

Neste sentido, a busca por novas regiões vitivinícolas tem ocorrido pelas iniciativas de plantio em diversas regiões do país, incluindo sul, sudeste, centro-oeste e as regiões áridas e semi-áridas do nordeste brasileiro.

A região Nordeste, representada pelo Vale do Submédio São Francisco, tem assumido papel de destaque no cenário nacional como nova fronteira para a atividade vitivinícola voltada para a produção de vinhos finos. Tal região possui

clima tropical semi-árido com um longo período seco e outro subúmido, sendo a irrigação uma atividade fundamental para o desenvolvimento e produção da cultura. Atualmente, a região é o segundo maior pólo produtor de vinhos finos do país, atrás apenas do Rio Grande do Sul.

Mais recentemente, o Sudeste brasileiro também vem se destacando com novas regiões propícias para o cultivo de uvas para vinho, sobressaindo os estados de Minas Gerais e São Paulo. Em Minas Gerais, a principal região produtora é a região Sul, onde tradicionalmente o cultivo era voltado somente para as cultivares americanas, destinada à elaboração de vinhos de consumo corrente (REGINA et al., 2006a). A partir de 2001, a utilização do manejo da dupla-poda para produção extemporânea mostrou-se eficiente, principalmente para a cultivar Syrah, em Três Corações, permitindo a colheita de uvas no inverno, com boas características de maturação (AMORIM; FAVERO; REGINA, 2005; FAVERO, 2007). Esses resultados possibilitaram a implantação de vinhedos comerciais e experimentais para elaboração de vinhos finos em outras regiões mineiras tais como João Pinheiro, Cordislândia, Diamantina e Pirapora (REGINA et al., 2006a), prevalecendo nesses plantios a cultivar Syrah devido a sua boa adaptação em diferentes condições climáticas.

Na região de Pirapora, situada no Norte de Minas Gerais, assim como nas outras regiões vitícolas tropicais brasileiras, também é possível, através de manejo da dupla-poda e aplicação de reguladores de crescimento, alterar o ciclo da videira, deslocando o período de produção para a estação mais favorável à maturação das uvas. Esta tecnologia já é bastante conhecida e explorada comercialmente para uvas de mesa. Com a expansão da área cultivada no Brasil, tem ocorrido um excesso e concentração da oferta da uva de mesa nos principais centros consumidores e os viticultores têm buscado novas alternativas, tais como a produção de uvas para vinhos finos, para manter a sustentabilidade de suas atividades. Desta forma, projetos de pesquisa foram desenvolvidos para avaliar e

conhecer diferentes parâmetros vitícolas pertinentes à produção de uvas para vinhos finos na região de Pirapora e do cerrado mineiro.

Com essa perspectiva de expansão de novas áreas vitivinícolas, a busca por informações técnicas básicas como variedades, clones, densidades de plantio, nutrição, irrigação, porta-enxertos adequados, sistema de condução, entre outros, é fundamental para gerar subsídios técnicos concretos que irão orientar viticultores interessados no cultivo de videiras destinado a elaboração de vinhos finos, e assim, possibilitar que novas regiões sejam efetivamente inseridas no cenário vitivinícola brasileiro e mundial.

A qualidade dos frutos depende das características de crescimento da planta e isso pode ser ajustado com o uso apropriado do sistema de condução e do porta-enxerto (CANDOLFI-VASCONCELOS et al., 1994; BAEZA et al., 2005). A introdução de um sistema de condução em uma nova área requer estudos agrônômicos e ecofisiológicos para avaliar a viabilidade destes ao longo do tempo e a interação entre dossel vegetativo e o microclima (CAVALLO; PONI; ROTUNDO, 2001). Como as condições atmosféricas locais influenciam diretamente nos efeitos fisiológicos das videiras em um sistema de condução específico, fica difícil extrapolar resultados do comportamento de plantas conduzidas em um mesmo sistema de condução, porém cultivadas em regiões diferentes (BAEZA et al., 2005).

Inicialmente, os principais sistemas de condução adotados no Brasil são espaldeira e latada. A escolha por esses dois sistemas, na grande maioria das vezes, foi determinada pela praticidade de manuseio, custo de instalação e/ou produtividade. Entretanto, tratando-se do cultivo de uvas finas e, buscando-se um padrão qualitativo superior, o estudo minucioso da influência dos sistemas de condução no comportamento fisiológico e na composição das uvas é de grande importância para a otimização da implantação do vinhedo.

Outra informação técnica de grande importância para a instalação de vinhedos em regiões ainda não exploradas para a vitivinicultura é a utilização adequada do porta-enxerto. Sabe-se que a principal razão para o uso desses está relacionada à sua resistência a filoxera e nematóides (WHITING, 2005). Entretanto, sua importância também vem sendo relatada por aumentar a tolerância das plantas à seca, à salinidade e à acidez dos solos (DAVIDSON, 1995), bem como pela influência que exercem no crescimento da videira, na produtividade e na qualidade dos frutos e do vinho.

Vários estudos tem sido realizados para explicar o efeito dos porta-enxertos na variedade copa. Resultados de pesquisas recentes têm mostrado que existem porta-enxertos favoráveis ao crescimento e produtividade, porém, por outro lado, alguns trabalhos verificaram que, combinados com determinadas variedades, promovem vigor excessivo, podendo ser prejudicial para a floração e frutificação.

O vigor da planta está fortemente correlacionado com a assimilação de carboidratos através do processo fotossintético. Antes das folhas atingirem o crescimento necessário para a realização desse processo, novos ramos são dependentes da quantidade de carboidratos presentes no tronco e raízes que foram armazenados após a queda das folhas da estação prévia (ZAPATA et al. 2004). Além da influência desses compostos no crescimento de folhas e ramos, eles também estão relacionados com a fertilidade e com a necrose das gemas, que é um distúrbio fisiológico de grande impacto na viticultura australiana, principalmente para a cultivar Syrah (DRY; COOMBE, 1994).

Nesse contexto, o presente trabalho foi realizado em duas etapas. A primeira objetivou avaliar as respostas fisiológicas das plantas, bem como a composição físico-química de frutos da videira 'Syrah', cultivada em dois sistemas de condução, em uma das novas áreas de interesse para a expansão da vitivinicultura; a região semi-árida do norte de Minas Gerais. A segunda,

realizada na Universidade de Adelaide, Sul da Austrália, objetivou estudar a influência de alguns porta-enxertos no acúmulo de carboidratos, na fertilidade e na necrose das gemas primárias, e como a aplicação de um estresse hídrico severo afetaria a fertilidade das gemas ou a habilidade do porta-enxerto no armazenamento dos carboidratos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 A viticultura brasileira

A viticultura brasileira ocupa uma área aproximada de 80.904 hectares, distribuída pelos Estados do Rio Grande do Sul (48.753 ha), São Paulo (9.514 ha), Pernambuco (7.501 ha), Paraná (5.800 ha), Santa Catarina (5.038 ha), Bahia (3.533ha) e Minas Gerais (765 ha) (AGRIANUAL, 2011). A produção de vinhos concentra-se praticamente no Estado do Rio Grande do Sul, com uma pequena representação em Santa Catarina, Pernambuco, Bahia e Minas Gerais. Segundo dados da União Brasileira de Vitivinicultura (UVIBRA), a produção brasileira de vinhos no ano de 2009 foi de 245 milhões de litros, sendo a grande maioria de vinhos de consumo corrente, elaborados a partir de uvas americanas e híbridas. A produção de vinhos finos, elaborados a partir de uvas da espécie *Vitis vinifera*, foi de 40 milhões de litros, ou seja, 16% do total produzido. Desta forma, a demanda nacional de vinhos finos tem que ser suprida pela importação de vinhos de outros países, sendo que, no último ano, esta importação representou 75,7% e totalizou uma evasão de 177 milhões de dólares para o país (UVIBRA, 2010).

Além da pequena produção, um dos fatores que limita o percentual da participação do vinho nacional no consumo interno é a própria qualidade dos vinhos. Embora notáveis esforços tenham sido feitos para melhorar a qualidade

dos produtos enológicos nacionais (TONIETTO, 2002), quando são comparados aos vinhos dos tradicionais países produtores, os vinhos nacionais, em sua grande maioria, ainda não são competitivos. Um dos principais fatores limitantes à melhora da qualidade do vinho é a própria qualidade da uva, já que o clima da maioria das regiões vitícolas nacionais não permite uma perfeita maturação das uvas, principalmente para o caso dos vinhos tintos (GUERRA, 2002).

Minas Gerais apresenta uma área vitícola distribuída em dois pólos distintos, um ao sul, tradicional produtor de uvas comuns para produção de vinhos de consumo corrente e mesa (SILVA, 1998; ORLANDO et al., 2003), e outro, situado no Norte do estado e especializado na produção de uvas finas de mesa. Na região Sul, tradicional produtora de vinhos, o ciclo de vegetação e produção da videira situa-se entre os meses de setembro e fevereiro, coincidindo com o período das maiores precipitações pluviométricas, limitando, assim, o emprego de variedades da espécie *Vitis vinifera* mais suscetíveis a podridões e que dependem de maturação fenólica (SOUZA et al., 2002). Recentemente, e em locais com menor incidência de geadas na região Sul do Estado, e em regiões mais quentes, técnicas de manejo têm sido estudadas visando à alteração do ciclo da videira e para colher em períodos com menor precipitação (junho - julho) com expressivos ganhos de qualidade (AMORIM; FAVERO; REGINA, 2005; FAVERO, 2007). Este fato abre uma nova perspectiva para a viticultura do sudeste brasileiro, em particular para o estado de Minas Gerais.

2.2 Cultivar Syrah

A cultivar Syrah ou Shiraz (*Vitis vinifera* L.) é originária do Vale do rio Rhône, na França, onde possui uma superfície cultivada de aproximadamente 37.000 hectares. É facilmente identificada pela extremidade do ramo com presença abundante de pêlos de coloração branca. Apresenta folhas jovens de

coloração verde clara e folhas adultas penta lobadas, com seio peciolar aberto. Seus ramos são frágeis, de coloração verde clara e entre-nós longos. Seus cachos são longos, medianamente compactos e as bagas de coloração negra e de forma elíptica. É uma cultivar muito vigorosa, produtiva, respondendo bem a poda curta em regiões quentes. Possui um curto período de maturação e revela-se bastante sensível à podridão no final da maturação. Origina vinhos de coloração intensa, com notas aromáticas frutadas, finos e complexos, com moderadas quantidades de ácidos e taninos, aptos ao envelhecimento e de grande qualidade. Na França é a principal cultivar das denominações de origem Cotes Rôtie, Hermitage e Tain Hermitage (ENTAV, 1995).

Esta cultivar também apresentou ótima adaptação na Austrália, sendo a mais importante para a produção de vinhos tintos fortificados e não fortificados. Sua importância foi ganhando destaque porque ela produz bem numa gama grande de condições climáticas, com problemas relativamente pequenos. Naquele país, mais de cinquenta por cento das plantações de Syrah são encontradas no estado Sul da Austrália, principalmente nas regiões conhecidas por Barossa Valley, Riverland e Conawarra-Padthaway (DRY; GREGORY, 1988).

No Brasil, a cultivar tem maior expressão no Vale do Rio São Francisco, notadamente no pólo Petrolina/Juazeiro. Em Minas Gerais, foi introduzida pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG) em 1996, e tem demonstrado boa adaptação em Caldas e Andradas. Nesta região tem mostrado produtividade superior a 10 toneladas por hectare, além de relativamente tolerante ao míldio e antracnose (SOUZA et al., 2002). Em Três Corações, submetida ao regime de dupla poda, pode ser colhida em julho, com bons índices de produtividade e qualidade superior àquela obtida no verão (AMORIM; FAVERO; REGINA, 2005; FAVERO, 2007).

2.3 Sistemas de condução e sustentação

As videiras, na natureza, são plantas trepadeiras que apóiam seus ramos em outras plantas e árvores através da ação de gavinhas presentes em seus rebentos anuais (FREEMAN; TASSIE; REBBECCHI, 1995). É uma planta sarmentosa, de hábito trepador que necessita de um sistema de suporte que garanta uma melhor exposição de suas folhas à luminosidade (REGINA et al., 1998).

Denomina-se sistema de condução da videira a manipulação física, a formação da estrutura, a arquitetura que será dada à planta, enquanto que o sistema de sustentação é a estrutura que suporta grande parte dessa armação (FREEMAN; TASSIE; REBBECCHI, 1995). Conforme os autores, os principais objetivos da condução da videira são maximizar a produção, facilitar tratos culturais, melhorar o microclima do dossel, para reduzir a incidência de doenças, e otimizar a quantidade e qualidade da produção, além de suportar a carga mecânica da videira.

As formas de suporte da videira influenciam diversos aspectos. O principal aspecto está centrado na produção, pois parreiras que se desenvolvem sobre sistemas que permitem um maior número de ramos por área produzem safras mais abundantes. Um segundo aspecto refere-se às modificações microclimáticas próximas às folhas e frutos, que alteram de maneira inequívoca a qualidade da uva (CARBONNEAU, 1991; LEONG; LAMIKANRA, 1991; MORRIS; SIMS; CAWTHON, 1985; NOGUEIRA, 1984; MIELE; MANDELLI, 2005). Além disso, os aspectos econômicos merecem destaque, já que cada sistema apresenta um custo de implantação e manutenção, e um grau de dificuldade na realização dos tratos culturais (REGINA, et al., 1998).

A escolha do sistema de sustentação é um fator importantíssimo na formação de um vinhedo e os principais fatores a serem considerados na escolha são: 1) simplicidade – sistemas simples são geralmente os mais viáveis economicamente, mas podem restringir a produtividade e qualidade; 2) fatores de crescimento – equilíbrio entre o vigor e a capacidade da videira; 3) fatores econômicos e 4) fatores ambientais – temperatura, precipitação, topografia, solo, vento e potencial risco de geada (FREEMAN; TASSIE; REBBECCHI, 1995). Conforme Carbonneau (1991), dentre o conjunto de fatores na escolha do sistema de condução, deve-se privilegiar a superfície foliar exposta (SFE), como forma de assegurar, ao mesmo tempo, maior interceptação e distribuição dos raios solares, com incidência direta no aumento da atividade fotossintética das folhas e, conseqüentemente, aumento no acúmulo de açúcares e outros constituintes das bagas.

A classificação do sistema de condução da videira de acordo com o número e arranjo dos fios de sustentação pode ser resumida da seguinte maneira: a) condução sem fio de arame – formato de arbusto (como por exemplo, o sistema Gobelet) ou estaqueado; b) com um fio – sistema em cordão simples; c) com múltiplos fios verticais – espaldeira, sistema vertical com dois cordões, vertical dividido (Scott Henry); d) com múltiplos fios horizontais – sistema em T, sistema dividido flexível (duplex), sistema dividido rígido (Dupla Cortina de Geneva - GDC, Lira); e) com múltiplos fios inclinados e f) múltiplos fios suspensos – latada (FREEMAN; TASSIE; REBBECCHI, 1995).

No Brasil, os sistemas mais empregados são a latada e espaldeira. A latada, também conhecida como pérgola ou caramanchão, é o mais difundido no Brasil (GIOVANNINI, 2008), sendo utilizada para produção de uvas para o consumo *in natura* nas regiões tropicais, e uvas comuns (espécies americanas) para vinhos e sucos na região Sul do país. A espaldeira é mais utilizada para a produção de uvas finas (espécies européias) no Sul, e para uvas de consumo *in*

natura e vinhos comuns, na região Sudeste. Recentemente, alguns vinhedos têm sido implantados com o sistema de lira aberta (Sul) e GDC, no Nordeste, para a produção de uvas para elaboração de vinhos finos (REGINA et al. 2006b).

Visando a produção de uvas finas, Regina et al. (2006b) propõem alguns parâmetros que devem ser levados em consideração na escolha do sistema de sustentação a ser instalado. Em regiões de verão chuvoso, com temperaturas mais baixas e sem possibilidade de alteração do ciclo da planta pela poda, como regiões de altitude do sul de Minas Gerais, por exemplo, deve-se dar preferência por sistemas onde o plano de vegetação seja vertical e os cachos fiquem bem expostos. Dessa forma, aumenta-se a aeração, permitindo maior insolação direta sobre folhas e cachos, diminuindo o microclima favorável à disseminação de fungos. Por outro lado, em regiões quentes e secas, como as existentes no Norte de Minas Gerais, deve-se cuidar para que a exposição excessiva dos cachos aos raios solares não ocasione um aumento exagerado da temperatura das bagas, o que pode promover a forte degradação dos ácidos orgânicos (TODA, 1991) e de precursores aromáticos. Neste sentido, sistemas que possam proporcionar alguma proteção aos cachos, como o GDC e a latada, parecem ser os mais indicados (REGINA et al., 2006b).

2.3.1 Sistema de sustentação tipo Espaldeira (Vertical Shoot Position - VSP)

A espaldeira (VSP) é um tipo de suporte para a condução da videira bastante popular e amplamente usado na Europa e em outros lugares. Caracteriza-se pela não divisão dos dosséis, assemelhando-se a cercas. Esse sistema é particularmente utilizado para condução de videiras que apresentam vigor baixo a médio e em regiões propensas a doenças fúngicas. A posição do fruto no sistema VSP fica em torno de 1 a 1,2 m acima do solo e isso facilita a

maioria das atividades, como colheita mecânica e aplicação de defensivos (JACKSON, 2008).

As videiras conduzidas nesse sistema possuem dossel vertical, favorecendo a exposição da planta à luminosidade, a ventilação e facilitando os tratos culturais, principalmente no controle de pragas e doenças (MIELE, 1989; SILVA, 1998). A poda pode ser feita tanto em varas como em esporões, em cordões uni ou bilaterais (FREEMAN; TASSIE; REBBECCHI, 1995).

A utilização do sistema em espaldeira tem demonstrado, em alguns trabalhos, uma produção inferior que varia de 200% a 11% quando comparado a latada e suas variações. Entretanto, o sistema em espaldeira gera frutos de melhor qualidade com maior teor de sólidos solúveis e menor acidez (BRIGHTWELL; AUSTIN, 1975; MATTOS; PASQUAL; PETRI, 1978).

A menor produção da espaldeira é possivelmente explicada pelo número reduzido de gemas neste sistema em relação, principalmente, a latada horizontal. Entretanto, a qualidade superior das uvas produzidas em espaldeira está condicionada a uma melhor interceptação da radiação por este sistema (NOGUEIRA, 1984), pois a luz é um dos fatores que mais interferem nos indicadores de qualidade da uva (PERUZZO, 1990). Desta forma, este sistema beneficia a exposição dos cachos e a aeração nas entrelinhas de plantio, tornando o microclima das folhas mais quente e menos úmido, o que favorece a maturação e reduz a ocorrência de podridões (REGINA et al., 1998).

Vários fatores, além da produção de frutos de qualidade, têm determinado a utilização do suporte vertical pelos agricultores, entre estes, destacam-se custos reduzidos de implantação e manutenção, bem como a facilidade na realização dos tratos culturais, notadamente, a poda e colheita (REGINA et al., 1998).

2.3.2 Sistema de sustentação tipo Dupla Cortina de Geneva (Geneva Double Curtain – GDC)

A melhora do microclima do dossel é um dos mais novos conceitos na arquitetura da condução das videiras. O primeiro sistema criado, baseado em análises microclimáticas, foi o dupla cortina de geneva (GDC), o qual tem sido subsequentemente modificado para melhorar sua aplicabilidade para a colheita e poda mecânica (JACKSON, 2008).

Esse sistema caracteriza-se por apresentar duas cortinas verticais paralelas, com as bases na parte superior a cerca de 1,80 m de altura, e os ramos posicionados para baixo, formando uma cortina em cada um dos lados da estrutura (GIOVANNINI, 2008). O posicionamento descendente dos ramos reduz o vigor e promove a exposição das gemas e cachos (FREEMAN; TASSIE; REBBECCHI, 1995).

Jackson (2008) afirmou que, através da divisão do dossel, a exposição do fruto e da vegetação ao sol é aumentada, a flutuação da temperatura das bagas e a taxa de transpiração também são aumentadas, porém, a umidade é diminuída. Segundo o autor, em muitas regiões, o aumento da exposição dos frutos é desejável. Em climas quentes, entretanto, isso pode ser uma desvantagem, já que os frutos podem sofrer queimaduras provocadas pelo sol. Por outro lado, Regina et al. (2006b) afirmaram que a modificação do sistema GDC propõe a menor exposição do fruto, principalmente na parte da manhã e ao final da tarde para evitar a excessiva degradação de ácidos orgânicos e precursores de aroma.

Este sistema foi desenvolvido para aumentar a produtividade da videira, quando comparada àquelas conduzidas em espaldeira, e melhorar a qualidade do fruto. As plantas são conduzidas em cordão esporonado, com os esporões

voltados para o lado de fora e para baixo (FREEMAN; TASSIE; REBBECCHI, 1995). Embora o GDC demande mais em termos de técnica e materiais, a maior produtividade (excelente exposição para indução floral) usualmente compensa mais do que os custos com a implantação.

2.3.3 Influência do sistema de condução sobre o crescimento e fisiologia da videira

O período vegetativo durante o qual se verifica o crescimento e desenvolvimento dos órgãos fotossinteticamente ativos (folhas, ramos jovens e bagas verdes) vai depender da interação entre o genótipo e as condições ambientais (CHAVES, 1986). Nos últimos anos, um esforço considerável tem sido feito no desenvolvimento de novos sistemas de sustentação que contribuam para definir a forma da planta, modificando assim as condições microclimáticas (temperatura das folhas, umidade, intensidade de radiação, etc.) no interior da copa da videira (CARBONNEAU, 1991; CASTRO, 1989). Essas modificações interferem principalmente na taxa fotossintética, afetando diretamente o comportamento vegetativo e produtivo da videira, e também o aspecto qualitativo dos frutos produzidos (SCHNEIDER; ANCEL; ITEYWANG, 1989; CARBONNEAU, 1991; REGINA et al., 1998).

O princípio básico comum de qualquer sistema de condução é a exigência de uma boa penetração de luz na cobertura vegetal e um equilíbrio entre a área foliar e fruto (CARBONNEAU, 1982). Tais condições permitem alcançar valores ótimos de expressão vegetativa, de rendimento e de qualidade. Chaves (1986) reafirmou que o sistema de condução é um fator que interfere sobre a quantidade de matéria sintetizada, aumentando a superfície foliar até se alcançar um valor ótimo (IAF ótimo), a partir do qual um maior número de folhas corresponde a um vigor excessivo e começa a ter efeitos desfavoráveis

sobre a produção, a translocação dos produtos de assimilação e a sua repartição pelas diversas partes da planta.

A produção de biomassa pelas plantas aumenta com a radiação interceptada pelo coberto vegetal (MONTEITH, 1979, citado por CHAVES, 1986). Deste modo, acréscimos na produtividade primária líquida poderão ser obtidos incrementando o índice de área foliar iluminado ou a eficiência de conversão da energia da radiação fotossinteticamente ativa em biomassa. Para se alcançar tais objetivos, as técnicas mais utilizadas são a seleção de plantas com maiores taxas de assimilação de carbono ou a manipulação das plantas e do ambiente de modo a prolongar o período vegetativo, bem como a intervenção na estrutura do coberto de modo a obter uma repartição mais equitativa da radiação solar disponível pelas folhas.

De maneira prática, a manipulação do microclima do dossel vegetativo pode ser realizada através do sistema de condução que, estabelecendo uma determinada abertura dos planos de folhagem e sua inclinação relativamente aos raios solares, irá influenciar a radiação total interceptada (CHAVES, 1986).

Segundo Smart e Robinson (1991), as medidas de superfície foliar constituem um bom meio de avaliar o vigor da videira. A diferença entre superfície foliar primária (situadas nos ramos primários) e a superfície foliar secundária (situadas nos ramos secundários) permite uma estimativa do vigor da planta. Portanto, estas medidas constituem parâmetros importantes para estimar o potencial e o vigor das plantas inseridas em um determinado sistema de condução.

De todos os recursos de que as plantas precisam para o crescimento, a água é o mais limitante para a produtividade agrícola, visto ser essencial aos diversos processos metabólicos, principalmente durante o período inicial de desenvolvimento. Uma das primeiras respostas das plantas à deficiência hídrica

é o fechamento dos estômatos e, com isto, a diminuição da difusão de CO₂ para o mesofilo foliar, causando a queda na fotossíntese (CHAVES, 1991).

Em termos de exigências hídricas, a videira é muito resistente à seca, graças ao seu sistema radicular que é capaz de atingir grandes profundidades. As regiões de cultivo incluem áreas onde a ocorrência de baixas precipitações e alta demanda evaporativa impõem o fornecimento de água através da irrigação. Uma deficiência hídrica prolongada pode provocar redução significativa na produtividade e na qualidade da uva (TEIXEIRA, 2004).

A caracterização do estado hídrico das plantas é um valioso instrumento nos estudos de relações água - planta. O potencial hídrico foliar, que está associado ao estado energético da água na folha, é um indicador do estado de hidratação da planta. Por esse motivo, a determinação do potencial hídrico foliar é uma medida prática, que influencia diretamente diversos processos metabólicos, sendo bastante utilizada em várias espécies de plantas (BARTOLOMÉ et al., 1992; MEDINA; MACHADO; PINTO, 1998). Carbonneau (1998) estabeleceu uma relação entre o potencial hídrico foliar de base (Ψ_b) e o estado hídrico da videira considerando que, para os valores entre 0 e - 0,2 MPa de Ψ_b , ocorre restrição hídrica ausente a leve; de - 0,2 a - 0,4 MPa, restrição hídrica leve a média; - 0,4 a - 0,6 MPa, restrição hídrica média a forte e acima de - 0,6 MPa, restrição hídrica forte.

Chaves (1986) destacou que existem interações complexas entre superfície foliar, rendimento, qualidade e disponibilidades hídricas. A existência de uma correlação positiva entre o potencial de água nas folhas e a superfície foliar, segundo Carbonneau (1982), reflete o papel estimulante da água no vigor e, entre outros parâmetros, na quantidade de folhas. Este aumento do vigor implica um decréscimo na irradiância recebida por unidade de área do coberto vegetal e, conseqüentemente, uma ação negativa na qualidade.

O regime hídrico parece também influenciar a iniciação floral. Carbonneau e Casteran (1979) detectaram uma quebra na iniciação floral em plantas da cultivar Cabernet sauvignon quando submetida à rega. Estes autores sugerem a existência de dois tipos de efeitos, um ligado ao declínio na interceptação da energia solar e outro resultante de uma inibição específica nos ramos primários, provavelmente como resultado de um excessivo teor de água nos tecidos.

O potencial hídrico pode ser influenciado pelo sistema de condução adotado, sendo este indicador fisiológico utilizado para caracterizar o microclima em cada sistema (CARBONNEAU, 1981; SCHNEIDER et al., 1989; LISSARRAGUE et al., 1991).

Chaves (1986) relatou que a altura do tronco pode contribuir para determinar as diferenças do estado hídrico da planta pela maior resistência de difusão da água do solo para parte aérea da planta, devido à altura do dossel vegetativo. Todavia, sistemas de condução que proporcionam maior altura favorecem a deficiência hídrica.

A taxa fotossintética é influenciada por diversos fatores climáticos e por aqueles ligados internamente à planta. Entre os fatores climáticos que interferem preponderantemente na transformação de CO₂ em açúcar, destacam-se também luz e temperatura. Estes dois fatores podem ser modificados drasticamente pelo sistema de condução, contribuindo assim para elevar a capacidade fotossintética das videiras (KLEWER; WOLPET; BENZ, 2000; PERUZZO, 1990; REGINA et al., 1998). A penetração da radiação solar no dossel vegetativo favorece a iniciação floral, a fertilidade da gema, o pegamento do fruto e maturação da uva (CARBONNEAU, 1982). Além disso, influencia o desenvolvimento da planta e a síntese de açúcar (GRIBAUDO; SCHUBERT; NOVELLO, 1988), melhorando produção e a qualidade da uva (SMART, 1985).

De maneira geral, a radiação solar fotossinteticamente ativa (PAR) que atinge a primeira camada de folha mais externa da videira é cerca de 83 a 95% absorvida, determinando que estas folhas atinjam o ponto de saturação de luz. Já a segunda camada de folhas absorve cerca de 12 a 15% do PAR ou 1/3 do PAR para a saturação de luz, determinando um pequeno saldo positivo da fotossíntese em relação à respiração. Entretanto, na terceira camada de folha, bastante comum nas espaldeiras largas e latadas, a quantidade de CO₂ absorvida é igual (ponto de compensação) ou menor que a quantidade perdida. Desta maneira, as folhas dessa última camada recebem uma quantidade de luz abaixo do ponto de compensação (50 $\mu\text{mol}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$), atuando não como geradoras de fotoassimilados, mas sim como importadoras de metabólitos produzidos em folhas bem expostas (MIELE, 1989; KLIEWER, 1990; REGINA et al., 1998). Alguns trabalhos têm mostrado que folhas sombreadas, recebendo uma pequena quantidade de luz, podem reduzir a taxa fotossintética de 78 a 98,5%, quando comparadas às folhas totalmente expostas (REGINA; CARBONNEAU, 1992). Sendo assim, dosséis vegetativos densos proporcionam menor produtividade à videira e menor qualidade ao fruto (SMART, 1985).

O sistema de condução, além de modificar a interceptação da luz pelas folhas, modifica também a temperatura destas. A temperatura é um importante fator que interfere na fotossíntese, pela ativação de enzimas que fazem parte desta reação. Em plantas de videira, a temperatura foliar ótima para a máxima fotossíntese situa-se em torno de 25 a 30°C (KRIEDMANN, 1968, citado por KLIEWER, 1990). Assim, sistemas de suporte que permitem grande número de folhas sombreadas apresentam temperaturas mais baixas no interior da copa, o que possivelmente reduz a taxa fotossintética. Perruzo (1990), estudando videiras sombreadas, observou diferenças de até 7°C entre folhas totalmente expostas e aquelas com 75% a menos de luz.

O estudo comparativo da atividade fotossintética no campo, em três sistemas de condução caracterizados por distâncias diferentes da folhagem ao solo permitiu concluir que é através da fotossíntese total do coberto (ditada pela sua exposição à radiação solar) e da repartição de assimilados pelos drenos (“sinks”) vegetativo, frutífero e de reservas, e não através da atividade fotossintética unitária, que se explicam as diferenças de produção e de vigor entre os sistemas. Apenas no final do período de vegetação se detectaram diferenças significativas na taxa de fotossíntese unitária entre os sistemas de condução, exibindo nas formas mais altas uma quebra acentuada na atividade fotossintética com a ocorrência de um estresse hídrico no verão (CHAVES,1986).

Ollat e Neveux (1991), estudaram o comportamento ecofisiológico da cultivar Cabernet sauvignon sob os sistemas de condução espaldeira e lira, em Latresne (França). Obtendo as médias das 8h30 às 14h, nos meses de julho a outubro de 1990, os autores encontraram taxas fotossintéticas superiores nas plantas conduzidas em espaldeira. Os valores para as plantas conduzidas nesse sistema variaram entre 7,9 e 11,67 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$, enquanto que a lira proporcionou valores entre 6,71 e 10,93 $\mu\text{mol.m}^{-2}.\text{s}^{-1}$.

2.3.4 Influência do sistema de condução na composição da uva

Os principais constituintes da uva madura têm a sua origem no metabolismo fotossintético. Desta forma, a taxa da atividade fotossintética total de um parreiral numa estação determina o sucesso econômico dos produtos obtidos dessa espécie frutífera (KLIEWER, 1990).

A radiação solar na região do cacho é mais importante durante a fase de maturação, pelo seu efeito na composição do mosto, como acidez total, pH e antocianinas (TODA, 1991). Além disso, folhas expostas ao sol promovem a

diferenciação das gemas e favorecem o acúmulo de reservas nas bagas e a salificação dos ácidos orgânicos (RIDOMI; MORETTI, 1996).

Existe uma preocupação crescente com a adoção de sistemas de condução que privilegiem a exposição das folhas à luz, proporcionando uma elevada superfície foliar exposta, que garanta uma máxima interceptação da energia solar, aumentando assim a atividade fotossintética do dossel vegetal e, conseqüentemente a qualidade e a produção de uvas (CARBONNEAU, 1991; REGINA et al., 1998). Dentro deste contexto, alguns trabalhos têm sido realizados, demonstrando que sistemas que permitem melhor aproveitamento da luz produzem uvas com maiores teores de açúcar, menor pH, menor acidez, coloração de baga mais intensa e vinho de melhor qualidade (ANDERSEN; BRYAN; BAKER, 1985; MORRIS; SIMS; CAWTHON, 1985; CARBONNEAU, 1991; TAYLOR; LEARNON, 1991).

Reynolds e Vanden Heuvel (2009) afirmaram que, embora existam muitos relatos na literatura sobre o efeito do sistema de condução na composição dos frutos, alguns mostram nenhum efeito tanto no mosto quanto no vinho. Em estudos comparando quatro sistemas de condução, Peterlunger et al. (2002) observaram variações de produtividade na faixa de 7,5 e 9,7 t/ha entre os tratamentos, entretanto, os sistemas estudados tiveram pouco ou nenhum impacto na composição da uva ou vinho.

Morris et al. (1984), avaliando os sistemas GDC e cordão bilateral simples, verificaram que o GDC aumentou a produtividade em cinco das seis cultivares estudadas; os frutos nesse sistema tiveram a concentração em sólidos solúveis mais baixa, porém não houve diferença na acidez total e no pH. Em outro estudo comparando diferentes sistemas de condução, Reynolds et al. (1995) relataram que frutos de plantas da cultivar Chancellor, conduzidas em GDC, tiveram a concentração de sólidos solúveis e acidez total mais baixos, porém, teores de antocianinas superiores. Smart et al. (1985) notaram, para a

cultivar Syrah, menor teor de potássio nas bagas e vinhos, maior acidez total e menor pH dos vinhos de uvas produzidas no sistema GDC. Também na Austrália, estudos com a cultivar Syrah em cinco diferentes sistemas de condução da videira (cordão simples baixo, cordão simples alto, Scott Henry, VSP e poda mínima), mostraram que frutos de todos os sistemas de condução exibiram concentrações similares de açúcares, antocianinas totais e fenólicos totais nas bagas (WOLF et al. 2003).

Em outro estudo comparativo entre cinco sistemas de condução, Reynolds et al. (2004) verificaram que, apesar dos sistemas GDC e YT (Y trellis) terem apresentado produtividades bem superiores aos demais sistemas avaliados, a tipicidade do vinho não foi comprometida.

Manfroi et al. (2004) verificaram que a evolução da maturação da uva ‘Cabernet franc’ conduzida em lira aberta na Serra Gaúcha caracterizou-se por aumentos lineares do teor de sólidos solúveis, densidade, pH, relação TSS/acidez total e relação ácido tartárico/ácido málico e por diminuições também lineares da acidez total, ácido tartárico, ácido málico e a soma do ácido tartárico e ácido málico, evidenciando que esse sistema de condução é viável para produção da uva ‘Cabernet franc’.

Em Minas Gerais, Norberto (2006) verificou, para as cultivares Folha de Figo e Niágara Rosada, que o sistema de condução em cordão simples apresentou os menores valores de ácido málico e tartárico, com relação aos sistemas lira, espaldeira e latada.

2.4 Índices de maturação de uvas destinadas à vinificação

A uva destinada à produção de vinhos é colhida segundo diferentes critérios, em função do país ou da região de produção, do tipo de vinho a ser elaborado e das condições naturais predominantes em uma determinada safra. O

critério mais utilizado é o do teor de açúcares, isto porque o vinho é, em última análise, o produto da transformação do açúcar da uva em álcool e em produtos secundários.

Os açúcares predominantes na uva são a glicose e a frutose. No início da maturação a glicose predomina amplamente. À medida que a maturação avança, a relação glicose/frutose diminui, chegando a um ponto em que os teores dos dois açúcares se equivalem, é a chamada maturação tecnológica. Na sobrematuração, os teores de frutose passam a ser maiores que os de glicose (GUERRA, 2002). O acúmulo de sólidos solúveis nas uvas, consequência de seu desenvolvimento e maturação, ocorre lentamente em sua etapa de crescimento herbáceo até o pintor. A partir deste estágio, essas concentrações adquirem um rápido ritmo de crescimento, com velocidades de acúmulo relativamente elevadas, decrescendo apenas quando atingem o ponto de maturação máxima (Hidalgo, 1993). Esse autor afirma que dias ensolarados e com boas temperaturas determinam um alto conteúdo de açúcares nas bagas. Dentro das mesmas circunstâncias de clima, quanto maior for o período de maturação, maior será o armazenamento de açúcares nas bagas e melhor será a qualidade da colheita.

Durante a maturação das uvas, os teores de açúcares redutores podem variar de 160 a 250 g/L para as cultivares européias. Esses valores podem ser consideravelmente superiores devido a condições climáticas particulares, variedades que acumulam mais açúcares, como a Grenache, por exemplo, desenvolvimento da podridão nobre, etc. (BLOUIN; GUIMBERTEAU, 2000).

Silva et al. (2009) relataram valores entre 10 e 14% (em torno de 100g/L e 140g/L) de açúcares redutores em mosto de uvas ‘Niágara rosada’ podadas em diferentes épocas. Mota et al. (2010a), testando diferentes sistemas de condução no Sul de Minas Gerais, verificaram valores entre 62 a 72 g/L de glicose e 69 a 81 g/L de frutose para a cultivar Niágara rosada e de 53 a 56 g/L de glicose e 86

a 89 g/L de frutose para a cultivar Folha-de-Figo. Para a cultivar Syrah, Mota et al. (2010b) relataram valores de 96,2 g/L e 91,2 g/L de glicose e frutose, respectivamente, de frutos colhidos em safras de inverno. A relação glicose/frutose encontrada foi de 1,05.

Outro critério de mensuração da maturação da uva é o teor em ácidos. Este critério, normalmente, é empregado juntamente com o teor de açúcares, pois o balanço entre o teor de açúcar e acidez confere ao vinho um equilíbrio gustativo muitas vezes determinante para a sua qualidade geral. Ao contrário dos açúcares, os ácidos da uva diminuem a partir da mudança de cor, até teores que variam entre 5 e 10 g/L.

Os principais ácidos orgânicos das uvas são os ácidos tartárico e málico, que juntos representam mais de 90% da acidez total, e o ácido cítrico (5 a 10%), e em menor escala os ácidos ascórbico, fosfórico, succínico, fumárico, acético, glicólico, láctico, aconítico, quinico, shiquímico e mandélico (KANELLIS; ROUBELAKIS-ANGELAKIS, 1993). A acidez condiciona a estabilidade biológica, a cor e as características gustativas dos vinhos. Sua concentração na baga aumenta da frutificação efetiva do fruto até o início da maturação, diminuindo dessa fase até a maturação da uva (RIBÉREAU-GAYON et al., 2004). Segundo os autores, os ácidos orgânicos são sintetizados pela respiração celular que ocorre nas partes verdes das plantas, portanto, estão presentes no estado livre ou salificado em todos os órgãos da videira. A concentração de ácidos orgânicos livres no fruto geralmente aumenta da periferia para a parte interna, podendo variar conforme a espécie, a interação mesoclima-solo, as práticas culturais e a maturação da uva.

A diminuição da acidez durante o período da maturação ocorre, principalmente, devido a:

a) Migração das bases, em que o potássio é o elemento que, majoritariamente, neutraliza os ácidos livres da baga. A migração de bases

ocorre, principalmente, das raízes, com uma pequena participação a partir das folhas;

b) Combustão respiratória, em que o principal substrato da respiração é o ácido málico e, excepcionalmente, o ácido tartárico. O principal fator que afeta a respiração do fruto é a temperatura (TODA, 1991). Em baixas temperaturas, o substrato consumido é o açúcar e, em regiões quentes, em que a maturação ocorre em condições de temperaturas elevadas, os substratos da respiração celular são os ácidos. Estudos demonstraram que, em temperatura aproximada de 37°C, o ácido tartárico é o substrato consumido na respiração; a 30°C, consome-se o ácido málico e, a 20°C, o açúcar (VACÁRCEL MUÑOZ, 2004) e;

c) Diluição dos ácidos nas bagas, ocorrida pela entrada de água intracelular nas bagas, promovendo o aumento do volume celular e, conseqüentemente, diminuindo a acidez, especialmente do ácido tartárico, sendo este fenômeno a principal causa da redução deste ácido, já que, sua combustão na respiração é muito pequena.

Ribéreau-Gayon et al. (1986) afirmaram que o ácido tartárico tem grande relação com a temperatura e, principalmente, com a circulação de água na planta. Climas quentes e secos contribuem para a redução dos teores de ácido tartárico, enquanto que precipitações por dias prolongados favorecem o aumento deste ácido nas uvas.

Cabanis et al., (2000) determinaram que, para mosto de uvas de diferentes cultivares, as concentrações do ácido málico variam entre 0,70 e 8,6 g.L⁻¹; para o ácido tartárico, entre 3,56 e 7,42 g.L⁻¹ e, para o cítrico, entre 0,13 e 0,90 g.L⁻¹. Para as cultivares Merlot, Cabernet franc e Cabernet sauvignon, Peynaud (1984) encontrou valores de 1,6; 2,5 e 3,0 g.L⁻¹ de ácido málico, respectivamente. No Rio Grande do Sul, Manfroi et al. (2004) verificaram 3,47 g.L⁻¹ de ácido málico, e 6,35 g.L⁻¹ de ácido tartárico, para a cultivar Cabernet

franc. Para a cultivar Tempranillo, Esteban et al. (1999) verificaram valores entre 5,2 e 7,0g.L⁻¹ de ácido tartárico, em diferentes anos de observação. Mota et al. (2010b) mostraram valores de 5,6 e 5,7 g/L dos ácidos tartárico e málico, respectivamente, para a cultivar Syrah conduzida em ciclo de inverno, em Cordislândia, Minas Gerais.

Alguns estudos têm mostrado que a exposição dos frutos à radiação solar promove uma diminuição da acidez, do malato e do pH do mosto, quando comparados com frutos não expostos ou sombreados (SMART et al., 1985). Schneider (1989) afirmou que uma fraca iluminação da folhagem provoca um excedente de acúmulo de potássio nas partes verdes e nas bagas, resultando em pH superior em mostos ou vinhos, quando comparados a plantas expostas à radiação.

O pH do mosto e do vinho depende do tipo e da concentração dos ácidos orgânicos e da concentração de cátions, especialmente de potássio (CHAMPAGNOL, 1986). O equilíbrio ácido-base do mosto e do vinho pode ser simplificado pela relação entre o ácido tartárico e o potássio. Entre os fatores que interferem no equilíbrio ácido-base e que são capazes de modificar o pH do vinho destacam-se: a dissolução dos minerais e ácidos orgânicos presentes na película da uva durante a maceração; a síntese de ácidos orgânicos durante a fermentação alcoólica; a degradação do ácido málico na fermentação malolática; e a precipitação do ácido tartárico na forma de bitartarato de potássio e tartarato neutro de cálcio (RIZZON; ZANUZ; MIELE, 1998).

O aumento gradual do pH durante a maturação reflete a formação de sais ácidos às custas do ácido livre. A relação entre sais ácidos e ácido livre é influenciada pela quantidade total de calor efetivo durante a maturação.

Entretanto, quando se produzem uvas, tintas ou brancas, na maior parte dos casos, a relação açúcar/acidez total não é suficiente para assegurar-se de que a uva foi colhida no seu ponto de máximo potencial qualitativo. Neste aspecto,

os polifenóis são, nos vinhos tintos, o principal parâmetro a ser levado em conta (VIVAS, 1998).

A importância dos compostos fenólicos na viticultura não se restringe apenas à coloração das uvas, pois são também fundamentais para as propriedades gustativas que conferem aos frutos (CHAMPAGNOL, 1984, HUGLIN, 1986). As moléculas fenólicas, normalmente, apresentam-se de forma combinada, seja com ácidos orgânicos ou açúcares (ácidos fenólicos, flavonóis e antocianinas), seja com elas mesmas, formando polímeros (taninos). Os pigmentos da uva ou antocianinas estão presentes somente nas variedades tintas e tintureiras, sendo que, nas uvas tintas, esses pigmentos são encontrados apenas nas cascas, enquanto que nas uvas tintureiras, na casca e polpa (CHAVES, 1986). Dentre os principais compostos identificados nas bagas, o de maior ocorrência é a malvidina-3-glicosídeo (AMERINE; OUGH, 1980). Os compostos fenólicos (ácido gálico, catequinas, epicatequinas, procianidinas, galocatequina e epigalocatequina) estão localizados no citoplasma, no vacúolo (principal local de acúmulo dos pigmentos) e no apoplasma do engaço, sementes e película da uva. Na baga da videira, a película e as sementes são as zonas de maior concentração (CHAMPAGNOL, 1984, GUERRA, 2002).

A temperatura e a amplitude térmica diária exercem um papel fundamental na síntese e acúmulo dos polifenóis. Esta ação é bastante complexa, pois age tanto pelo intermédio do acúmulo de açúcares (fotossíntese, respiração e migração), como por seu efeito direto em várias reações. Normalmente, regiões quentes e com pouca amplitude térmica produzem uvas de pouca coloração e pouco teor em taninos. Kliewer e Torres (1972), citados por Champagnol (1984), verificaram que a coloração das cultivares Pinot noir, Cardinal e Ahmeur bou Ahmeur melhorou sensivelmente quando as diferenças de temperaturas entre dia e noite ultrapassaram 10°C. Temperaturas iguais entre

dia e noite e temperaturas diurnas superiores a 35°C inibiram fortemente a coloração das bagas de todas as cultivares.

Com relação à evolução desses compostos fenólicos nas uvas, as antocianinas começam a se acumular na baga desde alguns dias antes da mudança de cor da uva. Os taninos acumulam-se regularmente na semente. A velocidade e a intensidade de acúmulo dependem em muito do clima, do solo e das práticas culturais, originando as diferenças entre as safras. Porém, a fração extraível dos taninos da semente diminui ao longo da maturação da uva, pois eles polimerizam-se e sofrem reações catabólicas (GUERRA, 2002).

Nos vinhos tintos, as antocianinas e taninos são as moléculas de maior importância (CHAMPAGNOL, 1984). A intervenção dos polifenóis nas características organolépticas dos vinhos ocorre de diversas maneiras, como por exemplo, na intensidade e tonalidade da sua cor, nas características sápidas de adstringência e de “dureza”, no aroma, na ocorrência de certos acidentes (casses fêrricas, casses oxidásicas e outras), na evolução e maturação dos vinhos ao longo do envelhecimento (CURVELO-GARCIA, 1988). As antocianinas das uvas tintas são afetadas pela acidez e pH das uvas. A cor é roxa e brilhante no fruto com acidez moderada a alta e de baixo pH, e tende a ser azulada e escura em frutos com baixa acidez e alto pH (HIDALGO, 1993).

Dentre as inúmeras propriedades dos compostos fenólicos nos vinhos, merecem destaque, além da cor, as propriedades gustativas, notadamente devidas aos taninos, e variáveis segundo a sua natureza e grau de polimerização. Quando as uvas apresentam-se pouco maduras, os taninos presentes na película e nas sementes são agressivos e herbáceos, proporcionando vinhos com alto grau de adstringência e sem aptidões ao envelhecimento. Ao contrário, quando as uvas estão bem maduras, os taninos bem evoluídos proporcionarão estrutura e equilíbrio ao vinho (CHAMPAGNOL, 1984; PEYNAUD, 1984).

Um conhecimento profundo das diversas estruturas polifenólicas presentes na uva e dos mecanismos de sua evolução durante a vinificação é uma base indispensável na avaliação de seu papel na enologia e no desenvolvimento dos processos tecnológicos adaptados à matéria prima e ao tipo de produto desejado. Da mesma maneira, as investigações vitícolas podem utilizar os avanços neste domínio científico complexo que é a química estrutural das substâncias polifenólicas em seus trabalhos de desenvolvimento de novas variedades ou na otimização das práticas culturais (CHEYNIER; MOUTOUNET; SARNI-MANCHADO, 2000).

2.5 Porta-enxertos

A viticultura na maior parte do mundo é baseada primariamente na enxertia, sendo o enxerto composto por uma cultivar da espécie *Vitis vinifera* e o porta-enxerto por espécies norte-americanas do gênero *Vitis* (*Vitis riparia*, *Vitis rupestris*, *Vitis berlandieri* e *Vitis champini*) ou híbridos interespecíficos (WEAVER, 1976). A maior razão para o uso de porta-enxertos em todos os lugares está relacionada à sua resistência a alguns problemas bióticos severos como a filoxera e nematóides (WHITING, 2005). Entretanto, porta-enxertos também podem ser usados para aumentar a tolerância das plantas à salinidade e a solos ácidos (DAVIDSON, 1995), já que muitos são adaptados para solucionar estes problemas (HARDIE; CIRAMI 1988). Conforme Dry (2007), os porta-enxertos também influenciam no vigor do enxerto, na frutificação e na taxa de amadurecimento dos frutos.

Na Austrália, diferentemente de outras partes do mundo, há uma predominância de vinhedos plantados em pé-franco. Isto é possível porque a maioria das áreas de cultivo do país está isenta da contaminação da filoxera e nematóides. Entretanto, Dry (2007) afirmou que os porta-enxertos deveriam ser

vistos como uma ferramenta extra de manejo que os produtores poderiam utilizar para otimizar a rentabilidade e sustentabilidade.

A principal função dos porta-enxertos em solos problemáticos ou onde nematóides e filoxera estão presentes é manter, se não aumentar, o crescimento total da videira (WHITING, 2005).

Desde que os porta-enxertos começaram ser usados, numerosos estudos têm sido publicados para mostrar a influência deles na variedade copa e como eles afetam o crescimento da videira, a produtividade e a qualidade dos frutos e do vinho. A maioria dos resultados mostrou que os porta-enxertos afetam significativamente o vigor do enxerto e produtividade. O vigor é definido como a atual qualidade ou condição da videira, na qual é expressa na taxa de crescimento de várias partes da planta (KELLER; KOBLET, 1995). Ele se manifesta na quantia total do peso de poda e frutificação. Vaile (1937) verificou que porta-enxertos podem exercer uma grande influência no comportamento das cultivares enxertadas, como mostrado pelo vigor e produtividade.

Em um teste com 14 porta-enxertos e 12 variedades copa, Loomis (1952) observou que alguns porta-enxertos aumentaram a produtividade, vigor e longevidade em quase todas as variedades enxertadas, comparadas com videiras cultivadas em pés-francos. Paranychianakis et al. (2004) relataram que os porta-enxertos significativamente afetaram o crescimento dos ramos, e este efeito variou com a idade da planta e com a safra. Videiras enxertadas no '41B' desenvolveram maior área foliar e produziram mais do que as videiras enxertadas no '1103 P' e '110R'. Contudo, também há relatos mostrando efeitos negativos ou indiferentes dos porta-enxertos no vigor e produtividade da copa. Videiras 'Sultana' enxertadas produziram menos frutos do que plantas não enxertadas (SOMMER; ISLAM; CLINGELEFFER, 2001). Ferroni e Scalabrelli (1995) relataram uma redução no tamanho de videiras 'Chardonnay' enxertadas

nos porta-enxertos ‘K5BB’ e ‘1103P’ quando comparadas com videiras em pé-franco.

Os critérios para a escolha dos porta-enxertos são baseados no clima, nas características do solo – levando-se em consideração os teores de argila, pH, fertilidade, profundidade, ocorrência de secas ou encharcamentos, e presença de pragas e nematóides, e características desejadas na copa (GIOVANNINI 2008). Porta-enxertos híbridos, do cruzamento entre *Vitis riparia* x *V. rupestris*, como o ‘Schwarzmann’, promovem, ao enxerto, vigor baixo a moderado e rápido amadurecimento, possui moderada tolerância a condições salinas, mas não são tolerantes a condições de seca. ‘Ramsey’ (*Vitis champini*) é o porta-enxerto mais plantado no Sul da Austrália e é caracterizado por promover alta produtividade e vigor, possui excelente tolerância a seca e elevada eficiência do uso da água, boa tolerância à salinidade e alongar o ciclo vegetativo, podendo atrasar o amadurecimento. Outro híbrido entre *V. berlandieri* x *V. rupestris*, o ‘140 Ruggeri’, que promove vigor e produtividade moderado a alto, excelente tolerância a seca e elevada eficiência do uso da água, boa tolerância a salinidade e também promove o alongamento do ciclo; é o terceiro porta-enxerto mais plantado no Sul da Austrália, ficando atrás do ‘Ramsey’ e ‘Schwarzmann’, respectivamente (DRY, 2007).

O sucesso da enxertia depende da boa união entre o porta-enxerto e a variedade copa. A habilidade de partes de duas plantas diferentes, quando enxertadas uma com a outra, de produzir tal união e se desenvolver satisfatoriamente é denominada compatibilidade (HARTMANN; KESTER 1968 citados por DRY; COOMBE, 2005). Afinidade é o efeito da interação entre o porta-enxerto e a copa numa particular combinação de enxertia, podendo direcionar um número de fatores incluindo a absorção de nutrientes e o impacto no vigor, pegamento e desenvolvimento dos frutos (DRY; COOMBE, 2005).

Os distúrbios manifestados após a enxertia são resultados das diferenças anatômicas e fisiológicas existentes entre a copa e o porta-enxerto (VIALA; RAVAZ, 1902, citado por PONGRÁCZ, 1983). Sintomas da falta de afinidade entre copa e porta-enxertos não aparecem de repente (PONGRÁCZ, 1983), mas é aparente que a produtividade e a composição dos frutos sejam diretamente influenciadas por ambas a compatibilidade e afinidade entre porta-enxerto e copa (HARDIE; CIRAMI, 1988). A falha de muitas combinações pode ser explicada pela insuficiente nutrição, devendo ao fato de que as membranas dos porta-enxertos sejam impermeáveis a certos assimilados elaborados pelas folhas da copa. Consequentemente, a copa morre após curto tempo de vida com o porta-enxerto (PONGRÁCZ, 1983).

A grande importância da influência do porta-enxerto na copa tem sido reportada frequentemente em estudos que correlacionam o crescimento excessivo da videira com baixas taxas de produtividade. Conforme May (2004), o crescimento excessivamente forte do ramo reduz o pegamento de frutos e, uma vez que os porta-enxertos influenciam o vigor dos ramos da copa, isto pode indiretamente afetar a frutificação. Os novos assimilados formados movem fortemente para o ápice dos ramos, os quais são drenos mais fortes do que inflorescências novas e, quanto mais vigoroso o ramo cresce, mais desvantagens terá a inflorescência.

Os porta-enxertos podem afetar o tamanho da videira pela alteração da absorção de água e nutrientes, produção de substâncias de crescimento e armazenamento de carboidratos (STRIEGLER; HOWELL, 1991).

2.6 Carboidratos

Os carboidratos são essenciais para a reprodução sexual, pois eles fornecem energia para as estruturas reprodutivas (LEBON et al., 2008). De

acordo com Zapata et al. (2004), as reservas de carboidratos são importantes porque o dossel não é capaz de produzir carboidrato suficiente através da fotossíntese até o momento do florescimento.

Plantas de clima temperado, como as videiras, têm um período de dormência durante o inverno. Durante este período, o amido, o carboidrato de reserva mais importante nas plantas, é parcialmente convertido a açúcares solúveis, os quais serão substratos para a nova fase de crescimento na primavera seguinte (LACOINTE et al., 1993).

Os novos ramos da videira dependem dos carboidratos armazenados no tronco e nas raízes (SMITH; HOLZAPFEL, 2009) até que as primeiras folhas do ramo atinjam seu tamanho completamente expandido, momento em que elas começam a exportar mais fotoassimilados do que a importar. Além disso, é claramente importante que as folhas das videiras permaneçam ativas após a colheita para estabelecer as reservas de carboidratos nos tecidos de armazenamento das raízes para o crescimento das folhas e desenvolvimento dos cachos na estação seguinte (LOECHER; MCCAMANT; KELLER, 1990).

Entre a brotação e o florescimento, o crescimento dos ramos é sustentado por carboidratos e nutrientes armazenados da estação de crescimento anterior, assim como pela absorção de novos nutrientes na primavera. O período de pós colheita é considerado o período de recuperação das fontes armazenadas, isso porque a assimilação de carbono e a absorção de nutrientes são então voltadas para as estruturas vegetativas (BATES; DUNST; JOY, 2002). Os autores descobriram que, em videiras dormentes, as raízes foram os órgãos dominantes de armazenamento de amido e alguns nutrientes. Conforme Loecher et al. (1990), as reservas das raízes tem um papel fundamental e talvez seja a principal fonte de substratos para a respiração, crescimento e desenvolvimento inicial dos anos subsequentes.

Dentre os carboidratos solúveis, a sacarose é o produto fotossintético mais abundante de muitas plantas, o principal carboidrato transportável e o principal açúcar armazenado, entretanto, sua presença é limitada nas raízes. A frutose e a glicose estão geralmente presentes nas raízes em concentrações mais elevadas do que a sacarose, por outro lado encontram-se geralmente numa concentração baixa nas partes localizadas acima do solo (LOECHER; MCCAMANT; KELLER, 1990). O amido, um carboidrato insolúvel de reserva, é encontrado na maioria dos tecidos lenhosos das partes superiores das plantas. Weyand e Schultz (2006) relataram que, enquanto os níveis de carboidratos totais não estruturais foram aumentando até a queda das folhas, o amido não apresentou o mesmo comportamento, possivelmente por causa da sua conversão em glicose, frutose e sacarose. Estes açúcares diminuíram, quase que aos menores valores da estação, na brotação e aumentaram novamente exatamente antes da queda das folhas. As maiores concentrações de sacarose na dormência e queda das folhas sugerem que períodos antes da brotação e queda das folhas são ativos para o transporte para fora e dentro do tecido de reserva, respectivamente.

Os carboidratos possuem um importante papel na determinação da frutificação, produção e capacidade da videira, em particular, no número de inflorescências e número de flores em cada inflorescência formada (BENNETT et al., 2005). A influência direta dos carboidratos na formação da gema é mais enfatizada pela redução da cultura em um ano que segue uma poda severa, desfolha por doenças ou insetos, ou super produção. O dreno da videira, criado por uma dessas condições, evita ou atrasa a diferenciação das gemas. Da mesma forma, o final distal dos ramos que acumulam pouco ou nenhum amido, raramente amadurece e o número de gemas frutíferas é reduzido acima desta sessão do ramo (WINKLER; COOK; KLIWER, 1974). Os mesmos autores relataram que o acúmulo de carboidratos nos ramos produtivos está estritamente associado com a formação de gemas férteis e, para algumas variedades, ocorre

um acúmulo mais rápido do amido na porção mediana dos ramos, onde é encontrado o maior número de gemas frutíferas. O acúmulo de carboidratos parece ocorrer na diferenciação floral devido ao aumento na respiração ou estímulo da síntese de substâncias nitrogenadas.

2.7 Fertilidade e necrose das gemas primárias (Primary Bud Necrosis – PBN)

A frutificação é definida como o número de cachos por gema e ela é determinada antes da emergência do fruto (DRY, 2000). A frutificação pode se medir após a iniciação da gema, através da observação do número de primórdios de inflorescência dentro das gemas compostas (TASSIE; FREEMAN, 1995).

Necrose das gemas primárias (PBN) é uma anormalidade da espécie *Vitis vinifera* e ocorre quando a gema axial primária da gema composta aborta e torna-se necrótica; a gema axial secundária permanece saudável e desenvolve mais do que a gema afetada (DRY, 2000). É uma desordem fisiológica que afeta a gema primária dentro de uma gema composta (COLLINS et al., 2006). De acordo com Pool (2000), níveis de necrose acima de 20% em um vinhedo são considerados de significativo impacto na frutificação e rendimento final do vinhedo.

Níveis naturais de PBN foram considerados positivamente correlacionados com o comprimento e diâmetro do ramo principal, com o número e comprimento dos ramos laterais (ramos vigorosos) e com a circunferência das gemas e peso de poda por planta (vigor da videira). Bains et al. (1981) verificaram que a frutificação de videiras com moderado vigor acumularam maiores concentrações de amido em ramos em crescimento e troncos maduros do que videiras vigorosas, as quais tiveram maior incidência de

necrose das gemas. Lavee et al. (1981) estudaram a ocorrência, desenvolvimento e natureza de gemas necróticas em ramos da variedade Queen of Vineyard e também associaram a alta incidência de necrose a vinhedos vigorosos.

Dry (1986) observou forte correlação da concentração endógena de giberelina nos tecidos das gemas primárias com o vigor do ramo, vigor da planta e subsequente desenvolvimento da necrose das gemas primárias. A poda verde dos ramos, desbaste e desfolha das videiras resultou na redução da produtividade por planta na safra seguinte. Para o autor, esta redução foi fortemente correlacionada com o aumento, tanto do nível de PBN como da razão ramos secundários/ primários. Com o aumento dos níveis de ácido giberélico (GA) em gemas em desenvolvimento, Collins e Rawnsley (2008) observaram o aumento do vigor dos ramos e a incidência da PBN. Ramos com maior diâmetro tiveram um aumento de 40% na incidência de necrose quando comparados com ramos mais finos.

De acordo com Vasudevan et al. (1998b), o padrão da incidência de necrose das gemas em um dado ramo parece ser específico da cultivar ou afetado por condições peculiares ao ambiente de cultivo. Dry e Coombe (1994) examinaram a presença da PBN em quinze cultivares de *Vitis vinifera* e verificaram que este distúrbio é uma das significantes causas da infertilidade dos vinhedos australianos. Neste experimento eles descobriram que a 'Syrah' possui altos índices de necrose da gema primária, além disso, concluíram que a perda da gema primária devido a PBN é a maior causa da infertilidade das gemas basais das videiras. Ramos com maiores diâmetros tiveram maior índice de necrose do que ramos finos em todas as posições das gemas, e a diferença foi mais pronunciada nos ramos basais do que nos distais.

Vasudevan et al. (1998a) observaram baixo índice de necrose entre os nós basais (de 1 a 4) dos ramos, com um aumento na incidência nos mais distais. Morison e Iodi (1990), estudando as cultivares Thompson Seedless e Flame

Seedless, relataram que a incidência de necrose foi maior entre as gemas basais e diminuiu com o aumento do número da gema.

As causas fundamentais da necrose das gemas permanecem incertas. Reduções localizadas dos carboidratos podem, por exemplo, ocorrer em resposta a uma forte força dreno das pontas dos ramos (CANDOLFI-VASCONCELOS; KOBLET, 1990), com um rápido crescimento, o qual tem sido associado com a incidência da necrose das gemas (WOLF; WARRENS 1995). Os carboidratos tendem a ser transportados para drenos como ramos em desenvolvimento, raízes e cachos. Isto pode enfraquecer as partes menos vigorosas e encorajar a hidrólise da parede celular que promoverá o aborto ou morte da gema primária (COLLINS et al. 2006).

Elevado vigor também tem sido correlacionado com baixos níveis de carboidratos em gemas de videiras, tendenciando à necrose das gemas, e foi proposto que a redução dos carboidratos pode enfraquecer o crescimento celular e o desenvolvimento, levando a uma alta incidência de desordens fisiológicas como a necrose das gemas (VASUDEVAN et al., 1998b)

Vasudevan et al. (1998a) estudaram níveis de açúcares e amido em gemas de cultivares de videira que diferenciam na suscetibilidade à necrose das gemas. Eles observaram uma relação inversa entre a taxa de amido e a necrose. Dessa forma, concluíram que as deficiências de carboidratos pode ser um fator que contribui para a necrose das gemas em videiras.

3 CONCLUSÃO

A vitivinicultura brasileira encontra-se numa crescente busca por áreas que apresentem condições climáticas favoráveis ao cultivo de videiras da espécie *Vitis vinifera*, objetivando a produção de matéria-prima de qualidade para a

elaboração de vinhos finos que possam ser competitivos nesse especializado mercado.

Em algumas regiões, o manejo da dupla poda é uma ferramenta fundamental para proporcionar a alteração do ciclo da planta, garantindo a colheita dos frutos em épocas com condições climáticas favoráveis ao amadurecimento das uvas. Além disso, entre as cultivares que vem sendo estudadas, a ‘Syrah’ tem mostrado excelente adaptação em condições climáticas distintas, como as da região cafeeira e do cerrado de Minas Gerais; classificadas por Köppen, respectivamente, como clima temperado quente e, clima tropical chuvoso com estação seca no inverno.

Experimentos com cultivares da espécie *Vitis vinifera*, em Minas Gerais, foram implantados, em 1996, pelo grupo de pesquisa do atual Núcleo Tecnológico EPAMIG Uva e Vinho. No ano de 2001, novas pesquisas foram iniciadas no município de Três Corações e as informações preliminares geradas forneceram subsídios para que investidores de algumas regiões de Minas Gerais, e mais recentemente de São Paulo, iniciassem a atividade, seja para uma prévia investigação do comportamento dessas uvas no local, ou para a imediata instalação de vinhedos destinados à produção comercial. Esses novos plantios têm surpreendido os pesquisadores pela boa adaptação das plantas às diferentes condições edafo-climáticas e, principalmente, pela composição química das uvas que proporciona originalidade aos vinhos elaborados. Entretanto, são necessárias as definições do manejo adequado para cada local, como por exemplo, tipo de porta-enxerto, clones, sistema de condução, densidade de plantio, dentre outros, que são fundamentais para auxiliar produtores interessados na atividade. Neste sentido, novos projetos têm sido conduzidos com o objetivo de validar algumas ferramentas de manejo necessárias para garantir o sucesso agrônomo e econômico dessas áreas emergentes.

Sendo parte integrante desses projetos, o presente trabalho estudou a influência de dois sistemas de condução no comportamento fisiológico de plantas, bem como na composição dos frutos de videiras cultivadas no município de Pirapora, Minas Gerais. Nas duas safras avaliadas, o GDC modificado apresentou maior área foliar, maior produção por planta e, conseqüentemente, maior produtividade quando comparado à espaldeira, mostrando-se como um sistema de condução bem adaptado às condições tropicais de Pirapora. Apesar da maior produtividade desse sistema, a qualidade dos frutos não foi negativamente afetada, já que a composição das uvas colhidas durante os dois anos de estudo manteve-se dentro da faixa de valores obtidos nas principais regiões vitivinícolas. Pode-se dizer que, para o atual estudo, os sistemas não diferiram no comportamento das videiras e na composição dos frutos, porém, devido à maior produtividade do sistema GDC_M este poderia ser indicado como o mais vantajoso para a região em estudo.

As informações contidas neste trabalho são importantes e contribuem significativamente para alavancar o plantio da videira ‘Syrah’ em regiões de clima semelhante ao do presente trabalho. Porém, inúmeras outras pesquisas, além da continuidade desta, precisam ser realizadas para um desenvolvimento sustentável deste setor no Brasil.

O presente trabalho também buscou informações relevantes às técnicas de manejo, análises e metodologias de pesquisa que são rotineiramente utilizadas na Austrália, país de condições climáticas semelhantes a algumas regiões brasileiras e local onde a cultivar Syrah já está plenamente estabelecida. Dentro das possibilidades disponíveis para a realização desta segunda etapa, optou-se pelo estudo da influência de diferentes porta-enxertos no armazenamento de carboidratos da cultivar Syrah, e a relação desta influência com a fertilidade e necrose das gemas primárias (PBN). Também foi analisado se esses fatores seriam afetados no caso de um estresse hídrico severo, já que a

água é o principal fator limitante da produção em território australiano. Como resultados, obtivemos que a concentração de carboidratos diferiu entre os porta-enxertos e estes afetaram a incidência de PBN a qual foi correlacionada com a alta concentração de amido. O estresse hídrico não influenciou a PBN, entretanto, a fertilidade estimada foi maior nos tratamentos sem irrigação. Foi verificada uma relação entre o genótipo do porta-enxerto, concentração de carboidrato, fertilidade da gema e necrose primária das gemas.

Com os resultados obtidos nesse trabalho, verifica-se que o potencial do Norte de Minas Gerais para a produção de vinhos finos é indiscutível. Entretanto, inúmeros estudos precisam ser executados para promover o crescimento de uma vitivinicultura organizada e bem fundamentada. A continuação dos estudos com sistemas de condução bem como a implantação de novas pesquisas voltadas ao manejo local, tais como da afinidade dos porta-enxertos, clones, nutrição, manejo da irrigação, densidade de plantio, etc., sempre serão de grande importância, já que as respostas obtidas ao longo de vários anos de estudo são as que irão realmente determinar a escolha do manejo ideal para cada região e otimizar a qualidade dos vinhos.

O acompanhamento e a observação desses vinhedos desde a implantação possibilitou o levantamento de vários questionamentos que inspiram novas linhas de pesquisa. Pouco se sabe sobre o comportamento do armazenamento de carboidratos nos tecidos das plantas conduzidas sob o regime da dupla poda, nem sobre a incidência da necrose das gemas primárias nos vinhedos já implantados. O atual cultivo para a produção de uvas finas é baseado no manejo da dupla poda, ou seja, um cultivo contínuo e intenso, sem que as plantas passem pelo período de repouso. A observação do comportamento de armazenamento e utilização dos carboidratos nos tecidos das plantas seria um estudo de grande importância para responder questões relacionadas à hipótese de que poderia haver um esgotamento das plantas e a redução da vida útil do

vinhedo. Além disso, a relativa alternância da produtividade das plantas, observada durante todos esses anos, poderia ser respondida por um estudo do comportamento das reservas e também pela observação da incidência da necrose das gemas primárias, já que este distúrbio é uma das grandes causas da infertilidade dos vinhedos australianos, e pesquisas nessa área ainda são inéditas no Brasil.

REFERÊNCIAS

- AGRIANUAL 2011: anuário da agricultura brasileira. **Uva**. São Paulo: Agra FNP, 2011. p. 473-482.
- AMERINE, M. A.; OUGH, C. S. **Methods for analysis of musts and wines**. New York: John Wiley & Sons, 1980. 341 p.
- AMORIM, D. A.; FAVERO, A. C.; REGINA, M. A. Produção extemporânea da videira, cv. Syrah, nas condições do Sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 27, n. 2, p. 327-331, ago. 2005.
- ANDERSEN, P. C.; BRYAN, M.W.; BAKER, L. H. Effect of two wire vertical and geneva double curtain training systems on berry quality and yield of muscadine grapes. **Proceedings of the Florida State Horticulture Society**, Winter Haven, v. 98, p. 175-178, 1985.
- BAEZA, P. et al. Ecophysiological and agronomic response of Tempranillo grapevines to four training systems. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 56, n. 2, p. 129-138, June 2005.
- BAINS, K. S.; BINDRA, A. S.; BAL, J. S. Seasonal changes in carbohydrate and mineral composition of vigorous and devitalized Anab-e-Shahi grapevines in relation to unfruitfulness. **Vitis**, Siebeldingen, v. 20, p. 311-319, 1981.
- BARTOLOMÉ, M. de C. et al. Variation de l' état hydrique et de la photosynthese sur la cv 'Tempranillo' (*Vitis vinifera* L.) selon la période de la contraite hydrique. In: SIMPOSIO INTERNATIONAL DI FISIOLOGIA DELLA VITE, 4. 1992, San Michele. **Proceedings...** San Michele: Istituto Agrário - San Michele all' Adige Università di Torino, 1992. p. 209-303.
- BATES, T. R.; DUNST, R. M.; JOY, P. Seasonal dry matter, starch, and nutrient distribution in 'Concord' grapevines roots. **HortScience**, Alexandria, v. 37, n. 2, p. 313-316, Apr. 2002.
- BENNETT, J. et al. Influence of defoliation on overwintering carbohydrate reserves, return bloom, and yield of mature chardonnay grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 56, n. 4, p. 386-393, Dec. 2005.
- BLOUIN, J. ; GUIMBERTEAU, G. **Maturation et maturité des raisins**. Bordeaux: Éditions Féret, 2000. 151p.

BRIGHTWELL, W. T.; AUSTIN, M. E. Influence of trellis type on yield of muscadine grape. **The Journal of the American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 100, n. 1, p. 58-60, Nov. 1975.

CABANIS, J. C. et al. Tablas de composición. In: FLANZY, C. **Enología: fundamentos científicos y tecnológicos**. Madrid: Mundi Prensa, 2000. cap. 8, p. 218-231.

CANDOLFI-VASCONCELOS, M. C. et al. Influence of defoliation, rootstock, training system, and leaf position on gas exchange of Pinot Noir grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 45, n. 2, p. 173-180, June 1994.

CANDOLFI-VASCONCELOS, M. C.; KOBLET, W. Yield, fruit quality, bud fertility and starch reserves of the Wood as a function of leaf removal in *Vitis vinifera* – Evidence of compensation and stress recovering. **Vitis**, Siebeldingen, v. 29, 199-221, 1990.

CARBONNEAU, A. Apports biologiques récents à l'étude des systèmes de conduite. **Bulletin de l'O.I.V.**, Paris, v. 55, n. 614, p. 273-285, 1982.

CARBONNEAU, A. Aspects qualitatifs. In: TIERCELIM, J.R. (Ed.). **Traité d'irrigation**. Paris: Lavoisier, 1998. p. 258-276.

CARBONNEAU, A. Etude écophysiological des principaux systèmes de conduite intérêt qualitatif et économique des vignes en Lyre: premières indications de leur comportement en situation de vigueur élevée. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 6., 1990, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: EMBRAPA/CNPUV/ABTE/OIV, 1991. p. 21-34.

CARBONNEAU, A. Observation sur vigne: codification des données agronomiques. **Compte Rendus**, Bordeaux, n. 2, p. 73-79, 1981.

CARBONNEAU, A.; CASTERAN, P. Irrigation-depressing effect on floral initiation of Cabernet Sauvignon grapevine in Bordeaux area. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 30, n. 1, p. 3-7, Mar. 1979.

CASTRO, R. Sistemas de condução da vinha: evolução, tendências actuais e estudos a decorrer em Portugal. **Ciência e tecnologia em viticultura**, Dois Portos, v. 8, n. 1-2, p. 37-54, 1989.

CAVALLO, P.; PONI, S.; ROTUNDO, A. Ecophysiology and vine performance of cv. “Aglanico” under various training systems. **Scientia Horticulturae**, Amsterdam, v. 87, p. 21-32, 2001.

CHAMPAGNOL, F. **Elements de Physiologie de la Vigne et de Viticulture Generale**. Saint-Gely-du-Fesc: Champagnol, 1984. 351 p.

CHAMPAGNOL, F. L'acidité des moûts et des vins. **Revue Française d'Oenologie**, Montpellier, v. 26, n. 104, p. 26-57, 1986.

CHAVES, M. M. Effects of water deficit on carbon assimilation. **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 42, p. 1-16, 1991.

CHAVES, M. M. **Fotossíntese e repartição dos produtos de assimilação em *Vitis vinifera* L.** 1986. 220 f. Tese (Doutorado) – Universidade Técnica de Lisboa, 1986.

CHEYNIER, V.; MOUTOUNET, M.; SARNI-MANCHADO, P. Los compuestos fenólicos. In: FLANZY, C. **Enologia: fundamentos científicos y tecnológicos**. Madrid: Mundi-Prensa, 2000. 783 p.

COLLINS, C.; RAWNSLEY, B. Effect of gibberellic acid and paclobutrazol on incidence of primary bud necrosis in cv. Shiraz (*Vitis vinifera* L.). **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 59, n. 1, 83-87, Mar. 2008.

COLLINS, C. et al. The progression of primary bud necrosis in the grapevine cv. Shiraz (*Vitis vinifera* L.): A histological analysis. **Vitis**, Siebeldingen, v.45, n. 2, p. 57-62, 2006.

CURVELO-GARCIA, A. S. **Controlo de qualidade dos vinhos: química enológica-métodos analíticos**. Lisboa: Instituto da Vinha e do Vinho, 1988. 420 p.

DAVIDSON, D. **A guide to growing winegrapes in Australia**. Hahndorf: Dianne Davidson Consulting Services, 1995. 130 p.

DRY, N. **Grapevine rootstocks – selection and management for South Australian vineyards**. Phylloxera and Grape Industry Board of South Australia. Adelaide: Lythrum Press, 2007. 85 p.

DRY, P. R.; COOMBE, B. G. **Viticulture: resources**. 2nd. ed. Adelaide: Winetitles, 2005. v. 1, 255 p.

DRY, P. R. **Primary bud-axis necrosis of grapevines**. 1986. 227 p. Thesis (Master of Agricultural Science) - Department of Plant Physiology, Waite Agricultural Research Institute, The University of Adelaide, Adelaide, 1986.

DRY, P. R. Canopy management for fruitfulness. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 6, n. 2, p. 109-115, July 2000.

DRY, P.R.; COOMBE, B. G. Primary bud-axis necrosis of grapevines. I. Natural incidence and correlation with vigour. **Vitis**, Siebeldingen, v. 33, p. 225-230, 1994.

DRY, P. R.; GREGORY, G. R. Grapevine varieties. In: COOMBE, B. G.; DRY, P. R. (Ed.). **Viticulture: resources in Australia**. Adelaide: Australian Industrial Publishers, 1988. v.1, p. 119-138.

ENTAV - Etablissement National Technique pour l'Amélioration de la Viticulture. **Catalogue des variétés et clones de vigne cultivées en France**. Le Grau du Roi: ENTAV, 1995. 357 p.

ESTEBAN, M. A.; VILLANUEVA, M. J.; LISSARRAGUE, J. R. Effect of irrigation on changes in berry composition of Tempranillo during maturation. Sugar, organic acids and mineral elements. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 50, n. 4, p. 418-433, Dec. 1999.

FAVERO, A. C. **Viabilidade de produção da videira 'Syrah' em ciclos de verão e inverno no Sul de Minas Gerais**. 2007. 112 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

FERRONI, G.; SCALABRELLI, G. Effect of rootstock on vegetative activity and yield in grapevine. **Acta Horticulturae**, Cordoba, v. 388, p. 37-39, Apr. 1995.

FREEMAN, E.; TASSIE, E.; REBBECCHI, M. D. Training and trellising. In: COOMBE, B. G.; DRY, P. R. (Ed.). **Viticulture: practices**. Adelaide: Winetitles, 1995. v. 2, cap. 3, p. 42-65.

GIOVANNINI, E. **Produção de uvas para vinho, suco e mesa**. 3. ed. Porto Alegre: Renascença, 2008. 362 p.

GRIBAUDO, I.; SCHUBERT, A.; NOVELLO, V. Produzione di sostanza secca ed intercettazione di energia luminosa nel vitigno "Cortese" in quattro forme di allevamento. **Vignevini**, Bologna, v. 15, n. 3, p. 53- 56, 1988.

GUERRA, C.C. Maturação da uva e condução da vinificação para a elaboração de vinhos finos. In: REGINA, M. A. (Coord.). **Viticultura e enologia: atualizando conceitos**. Caldas: EPAMIG-FECD, 2002. p. 179-192.

HARDIE, W. J.; CIRAMI, R. M. Grapevine rootstocks. In: COOMBE, B. G.; DRY, P. R. (Ed.). **Viticulture: resources in Australia**. Adelaide: Australian Industrial Publishers, 1988. v. 1, p. 154-176.

HIDALGO, L. **Tratado de viticultura**. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1993.

HUGLIN, P. **Biologie et ecologie de la vigne**. Paris: Payot-Lausane, 1986. 372 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DO VINHO. **Notícias**. Bento Gonçalves, 2011. Disponível em: <http://www.ibravim.org.br/int_noticias.php?id=426&tipo=N>. Acesso em: 16 dez. 2010.

JACKSON, R.S. **Wine Science: principles and applications**. 3rd ed. California: Academic Press, 2008. 751 p.

KANELLIS, A. K.; ROUBELAKIS-ANGELAKIS, K. A. Grape. In: SEGMOUR, G.; TAYLOR, J. TUCKER, G. **Biochemistry of fruit ripening**. London: Chapman & Hall, 1993. cap. 6, p. 189-234.

KELLER, M.; KOBLET, W. Dry matter and leaf area partitioning, bud fertility and second season growth of *Vitis vinifera* L.: Responses to nitrogen supply and limiting irradiance. **Vitis**, Siebeldingen, v. 34, n. 2, p. 77-83, 1995.

KLIEWER, W. M. **Fisiologia da videira: como produz açúcar uma videira?** Campinas: Instituto Agrônômico, 1990. 20 p. (Documentos IAC, 20).

KLIEWER, W. M.; WOLPET, J. A; BENZ, M. Trellis and vine spacing effects on growth, canopy microclimate, yield and fruit composition of Cabernet sauvignon. **Acta Horticulturae**, Jerusalem, v. 526, p. 21-31, Mar. 2000.

LACOINTE, A. et al. Mobilization of carbon reserves in young walnut trees. **Acta Botanic Gallica**, Cedex, v. 140. n. 4, p.435-441, 1993.

LAVEE, S. et al. Necrosis in grapevine bud (*Vitis vinifera* cv. Queen of Vineyard). I. Relation to vegetative vigor. **Vitis**, Siebeldingen, v. 20, p. 8-14, 1981.

LEBON, G. et al. Sugars and flowering in the grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 59, n. 10, p. 2565–2578, 2008.

LEONG, S.; LAMIKANRA, S. Combination of trellis systems to optimize the use of farm resources in muscadine grape production. **Proceedings of the Florida State Horticulture Society**, Winter Haven, v. 104, p. 5-9, 1991.

LISSARRAGUE, J.R. et al. Le potentiel hydrique dans des différents systèmes de conduite. **Rivista di Viticoltura e di Enologia**, Conegliano, n. 4, p. 143-147, 1991.

LOECHER, W. H.; MCCAMANT, T.; KELLER, J. D. Carbohydrate reserves, translocation, and storage in woody plant roots. **HortScience**, Alexandria, v. 25, n. 3, p. 274-280, Mar. 1990.

LOOMIS, N. H. Effect of fourteen rootstocks on yield, vigor, and longevity of twelve varieties of grapes at Meridian, Mississippi. **Proceedings of American Society of Horticultural Science**, Davis, v. 59, p. 125-132, 1952.

MANFROI, L. et al. Evolução da maturação da uva Cabernet franc conduzida no sistema lira aberta. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 306-313, mar./abr., 2004.

MATTOS, C. S.; PASQUAL, M.; PETRI, J. L. **Comportamento da cultivar Isabel (*Vitis labrusca*) em dois sistemas de condução (espaldeira e latada) na região Alto Rio do Peixe**. Florianópolis: EMPASC, 1978. 7 p.

MAY, P. **Flowering and fruitset in grapevines**. Adelaide: Lythrum Press, 2004. 119 p.

MEDINA, L. C.; MACHADO, E. C.; PINTO, J. M. Fotossíntese de laranjeira 'Valência' enxertada sobre quatro porta-enxertos e submetida à deficiência hídrica. **Bragantia**, Campinas, v. 57, n. 1, p. 1-14, 1998.

MIELE, A. Influência do sistema de condução na evolução dos açúcares redutores e da acidez total durante a maturação da uva: relação com área foliar, radiação solar e fotossíntese. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 1, n. 1, p. 31-40, 1989.

MIELE, A.; MANDELLI, F. **Sistemas de condução da videira**. Brasília: Embrapa Uva e Vinho, 2005.

MORRIS, J. R. et al. Influence of training system, pruning severity, and spur length on yield and quality of six French-American hybrid grape cultivars. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 35, n. 1, p. 23-27, Mar.1984.

MORRIS, J. R.; SIMS, C. A.; CAWTHON, D. L. Yield and quality of “Niagara” grapes as affected by pruning severity, nodes per bearing unit, training system and shoot positioning. **Journal of American Society for Horticultural Science**, Alexandria, v. 110, n. 2, p. 186-191, Mar. 1985.

MOTA, R.V., et al. Composição de bagas ‘Niágara rosada’ e ‘Folha-de-figo’ relacionadas ao sistema de condução. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1116-1126, dez. 2010a.

MOTA, R. V., et al. Composição físico-química de uvas para vinho fino em ciclos de verão e inverno. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 32, n. 4, p. 1127-1137, dez. 2010b.

NOGUEIRA, D. J. P. Poda e Condução das Videiras. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 10, n. 117, p. 48-50, set. 1984.

NORBERTO, P. M. **Sistemas de condução em videira: análises agrônoma e ecofisiológica**. 2006. 118 p. Tese (Doutorado em Agronomia/Fitotecnia) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2006.

OLLAT, N.; NEVEUX, M. Comportament écophysiologique de vignes en lyre et traditionnelles. Etude spécifique de la photosynthese et du potential hydrique. **Rivista di Viticoltura e di Enologia**, Conegliano, n. 4, p. 257-264, 1991.

ORLANDO, T.G.S. et al. Caracterização agrônoma de cultivares de videira (*Vitis labrusca* L.) em diferentes sistemas de condução. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, p. 1460-1469, dez. 2003. Edição especial.

PARANYCHIANAKIS, N. V.; AGGELIDES, S.; ANGELAKIS, A. N. Influence of rootstock, irrigation level and recycled water on growth and yield of Soultanina grapevines. **Agricultural Water Management**, v. 69, p. 13-27. 2004.

PERUZZO, E. L. **Efeitos do sombreamento e da área foliar na produção e qualidade do fruto de *Vitis labrusca* L., c.v “Niagara Rosada”**. 1990. 69 p. Dissertação (Mestrado em Fisiologia Vegetal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1990.

PETERLUNGER, E. et al. Effect of training system on Pinot noir grape and wine composition. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 53, n. 1, p. 14-18, Mar. 2002.

PEYNAUD, E. **Enologia practica**: conocimiento y elaboración del vino. 2. ed. Madrid: Mundi-Prensa, 1984. 405 p.

PONGRÁCZ, D.P. **Rootstocks for grapevines**. Cape Town: David Philip Publisher, 1983. 150 p.

REGINA, M. A. et al. Novos pólos vitícolas para produção de vinhos finos em Minas Gerais. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 111-118, set./out. 2006a.

REGINA, M. A.; CARBONNEAU, A. Réponses écophysiologicals des cépages d'origines écologiques diverses aux variations d'éclaircissement et d'alimentation en eau. In : SYMPOSIUM INTERNATIONAL DE PHYSIOLOGIE DE LA VIGNE, 4., 1992, Turin. **Comptes Rendus...** Turin: Fondazione Giovanni Dalmasso, 1992. p. 601-606.

REGINA, M. A. et al. Implantação e manejo do vinhedo para produção de vinhos de qualidade. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 27, n. 234, p. 16-31, set./out. 2006b.

REGINA, M. A. et al. Sistema de condução da videira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, n. 194, p. 5-8, 1998.

REYNOLDS, A. G. et al. Impact of training system and vine spacing on vine performance, berry composition, and wine sensory attributes of Seyval and Chancellor. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 51, n. 1, p. 84-95, Mar. 2004.

REYNOLDS, A. G.; WARDLE, D. A.; NAYLOR, A. P. Impact of training system and vine spacing on vine performance and berry composition of Chancellor. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 46, n. 1, p. 88-97, Mar. 1995.

REYNOLDS, A. G.; VANDEN HEUVEL, J. E. Influence of grapevine training systems on vine growth and fruit composition: a review. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 60, n. 3, p. 251-268, Sept. 2009.

RIBÉREAU-GAYON, J. et al. **Carattere dei vini, maturazione dell'uva, lieviti e batteri** : trattato di scienza e tecnica enologica. Brescia: AEB, 1986. v. 2, 424 p.

RIBÉREAU-GAYON, P. et al. **Traité d'oenologie 1. microbiologie du vin:** vinifications. 5. ed. Paris: Dunod, 2004. 661 p.

RIDOMI, A.; MORETTI, G. Comportamento della cv. Cabernet Franc (*Vitis vinifera* L.) allevata in cinque combinazioni d'innesto e con due sestini d'impianto. **Vignevini**, Bologna, v. 23, n. 7-8, p. 3-8, 1996.

RIZZON, L. A.; ZANUZ, M. C.; MIELE, A. Evolução da acidez durante a vinificação de uvas tintas de três regiões vitícolas do rio grande do sul. **Ciência e Tecnologia de Alimentos**, Campinas, v. 18, n. 2, maio/jul. 1998.

SCHNEIDER, C.; ANCEL, J.; ITEY WANG, M. Etude comparative entre plusieurs systemes de conduite sur deux cépages d'Alsace. **Compte Rendu**, Bordeaux, n. 4, p. 97-108, 1989.

SCHNEIDER, C. Introduction à l'écophysiologie viticole. Application aux systèmes de conduite. **Bulletin l'office de la vigne et du vin**, Paris, n. 701-702, p. 498-515, 1989.

SILVA, R. J. L.; LIMA, L. C. O.; CHALFUN, N. N. J. Efeito da poda antecipada e regime de irrigação nos teores de açúcares em uvas 'Niágara Rosada'. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 3, p. 844-847, maio/jun. 2009.

SILVA, T. das G. **Diagnóstico vitivinícola do Sul de Minas Gerais**. 1998. 196 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia/ Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 1998.

SMART, R. E. Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality. A review. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 36, n. 3, p. 230- 239, Sept. 1985.

SMART, R. E. et al. Canopy microclimate modification for cultivar Shiraz. II Effects on must and wine composition. **Vitis**, Siebeldingen, v. 24, p. 119-128, 1985.

SMART, R.; ROBINSON, M. **Sunlight into wine**: a handbook for winegrape canopy management. Adelaide: Winetitles, 1991. 88 p.

SMITH, J. P.; HOLZAPFEL, B. P. Cumulative responses of Semillon grapevines to late season perturbation of carbohydrate reserve status. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 60, n. 4, p. 461-470, Dec. 2009.

SOMMER, K. J.; ISLAM, M. T.; CLINGELEFFER, P. R. Sultana fruitfulness and yield as influenced by season, rootstock and trellis type. **Australian Journal of Grape and Wine Research**. Davis, v. 7, n. 1, p. 19-26, Apr. 2001.

SOUZA, C. M. et al. Indicação de cultivares de videira para o sul de Minas Gerais. In: REGINA, M. A. (Coord.). **Viticultura e enologia: atualizando conceitos**. Caldas: EPAMIG-FECD, 2002. p. 277-286.

STRIEGLER, R. K.; HOWELL, G.S. The influence of rootstock on the cold hardiness of Seyval grapevines. I. Primary and secondary effects on growth, canopy development, yield, fruit quality and cold hardiness. **Vitis**, Siebeldingen, v. 30, n. 1, p. 1-10, 1991.

TASSIE, E.; FREEMAN, B. M. Pruning. In: COOMBE, B. G.; DRY, P. R. (Ed.). **Viticulture: practices**. Adelaide: Winetitles, 1995. v. 2, cap. 4, p. 66-84.

TAYLOR, B. K.; LEAMON, K. C. Trellis effects on Yield and fruit quality of five table grape varieties in the Murray Valley. **Australian Journal of Experimental Agriculture**, Mildura, v. 31, n. 4, p. 585-589, 1991.

TEIXEIRA, A. H. de C. **Cultivo da videira**. Sistemas de produção 1. Petrolina: Embrapa Semi-Árido, 2004. CD-ROM.

TODA, F. M. **Biología de la vid: fundamentos biológicos de la viticultura**. Madrid: Ed. Mundi-Prensa, 1991. 346 p.

TONIETTO, J. O. Conceito de Denominação de Origem como Agente Promotor da Qualidade dos Vinhos. In: REGINA, M.A. (Coord.). **Viticultura e enologia: atualizando conceitos**. Caldas: EPAMIG-FECD, 2002. p. 151-163.

UNIÃO BRASILEIRA DE VITIVINICULTURA. **Dados estatísticos: produção de uvas**. Bento Gonçalves, 2010. Disponível em <http://www.uvibra.com.br/dados_estatisticos.htm>. Acesso em: 11 out. 2010.

VACÁRCEL MUÑOZ, M. C. **La maduración de la uva en climas cálidos**. In: CURSO SUPERIOR DE ESPECIALIZACIÓN EN VITICULTURA Y ENOLOGÍA EN CLIMAS CÁLIDOS, 24., 2004, Rancho de la Merced: [s.n], 2004. 33 p.

VAILE, J. E. The influence of rootstocks on the yield and vigor of American grapes. **Proceedings of American Society of Horticultural Science**, Stanford, v. 35, p. 471-474, 1937.

VASUDEVAN, L. et al. Reductions in bud carbohydrates are associated with grapevine bud necrosis. **Vitis**, Siebeldingen, v. 37, n. 4, p. 189-190, 1998a.

VASUDEVAN, L. et al. Anatomical developments and effects of artificial shade on bud necrosis of Riesling grapevines. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 49, n. 4, p. 429-439, Dec. 1998b

VIVAS, N. Maturação fenólica: adaptação da vinificação à composição fenólica de uvas tintas. In: SEMINÁRIO FRANCO-BRASILEIRO DE VITICULTURA, ENOLOGIA E GASTRONOMIA, 1., 1998, Bento Gonçalves. **Anais...** Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 1998. p. 67-76.

WEAVER, R. J. **Grape growing**. New York: Wiley, 1976. 371 p.

WEYAND, K. M.; SCHULTZ, H. R. Long-term dynamics of nitrogen and carbohydrate reserves in woody parts of minimally and severely pruned Riesling vines in a cool climate. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 57, n. 2, p. 172-182, June 2006.

WHITING, J. R. Grapevine rootstocks. In: DRY, P. R.; COOMBE, B. G. (Ed.). **Viticulture: resources**. Adelaide: Winetitles. 2005. v. 1, cap. 8, p. 167-188.

WINKLER, A. J.; COOK, J. A.; KLIWER, W. M. **General viticulture**. 2nd ed. Berkeley: University of California Press, 1974. 710 p.

WOLF, T. K.; WARRENS, M. K. Shoot growth rate and shoot density affect bud necrosis of 'Riesling' grapevines. **Journal of American Society of Horticultural Science**, Stanford, v. 120, n. 6, p. 989-996, Nov. 1995.

WOLF, T. K. et al. Response of Shiraz grapevines to five different training systems in the Barossa Valley. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, Adelaide, v. 9, n. 2, p. 82-95, July 2003.

ZAPATA, C. et al. Partitioning and mobilization of starch and N reserves in grapevine (*Vitis vinifera* L.). **Journal of Plant Physiology**, Leipzig, v. 161, n. 9, p. 1031-1040, Sept. 2004.

**ARTIGO 1 - PHYSIOLOGICAL RESPONSES AND PRODUCTION OF
'SYRAH' VINES AS A FUNCTION OF TRAINING SYSTEMS**

Preparado de acordo com as normas da revista Scientia Agricola – Versão
Publicada

Ana Carolina Favero¹; Daniel Angelucci de Amorim²; Renata Vieira da Mota²;
Claudia Rita de Souza²; Murillo de Albuquerque Regina^{2*}

¹*UFLA – Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, C.P. 3037 –
37200-000 – Lavras, MG –
Brasil.*

²*Núcleo Tecnológico EPAMIG Uva e Vinho, Av. Santa Cruz, 500 – 37780-000 –
Caldas, MG – Brasil.*

**Corresponding author <murillo@epamigcaldas.gov.br>*

ABSTRACT: Plant architecture and its interaction with agricultural practices and environmental constraints is determinant for grapevine canopy structure, which is related to carbon assimilation, bud fertility and fruit quality. In this context, this study evaluated the performance of field-grown 'Syrah' grapevines conducted by two management systems: Vertical Shoot Position (VSP) or a modified Geneva Double Curtain (GDC), in Pirapora, state of Minas Gerais, Brazil, during the winters of 2007 and 2008. The evaluations of leaf area, water relations and net CO₂ assimilation were made at the end of the ripening period. Yield per vine and per hectare were estimated and mean berry weight and diameter, total soluble solids, pH and titratable acidity were evaluated during berry ripening. The grapevines trained in VSP had higher water status as compared to GDC, shown by differences in pre-dawn leaf water potential (Ψ_{pd}) and stem water potential (Ψ_{stem}). However, the CO₂ assimilation was similar in both training systems. Fruit exposure was higher in VSP than in GDC, which contributed to increasing berry temperature. At harvest, the berries in GDC reached values near to 23 °Brix whereas berries in VSP showed values near 21 °Brix.

Key words: CO₂ assimilation, canopy management, water potential, berry temperature, fruit quality

Resposta fisiológica e produção do vinhedo de 'Syrah' em função dos sistemas de condução

RESUMO: A arquitetura da planta e sua interação com práticas agronômicas e variáveis ambientais determinam a estrutura do dossel vegetal, que está envolvida na assimilação de carbono, fertilidade das gemas e qualidade da fruta. Neste contexto, avaliou-se o comportamento de um vinhedo de 'Syrah' conduzido nos sistemas espaldeira (VSP) e Dupla Cortina de Geneva modificado (GDC). As avaliações da superfície foliar primária, relações hídricas e assimilação líquida de carbono foram realizadas no final do período de maturação da uva. Foi feita estimativa da produção por planta e por hectare e avaliados o peso e diâmetro das bagas e teores de sólidos solúveis, pH e acidez titulável durante o amadurecimento das bagas. As plantas conduzidas em espaldeira apresentaram melhor hidratação, sendo observadas diferenças no potencial hídrico da folha (Ψ_{pd}) e do caule (Ψ_{stem}). A assimilação líquida de CO_2 não foi afetada pelos sistemas adotados, e a redução no Ψ_{pd} e Ψ_{stem} observada no sistema GDC não alterou a taxa fotossintética. A exposição da fruta foi maior no sistema em espaldeira, o que contribuiu para aumento na temperatura das bagas. Na colheita, as bagas do sistema GDC atingiram valores próximos a 23 °Brix, enquanto no sistema em espaldeira, os valores não passaram de 21 °Brix.

Palavras-chave: assimilação de CO_2 , manejo de dossel, potencial hídrico, temperatura da baga, qualidade dos frutos

Introduction

Light interception and plant microclimate within canopy, particularly in the fruit zone are among the most important determinants of grape berry composition (Jackson and Lombard, 1993). Sun exposed berries have higher concentration of sugars, organic acids, anthocyanins and aroma compounds (Smart, 1985; Reynolds et al., 2004). However, excessive bunch exposure results in low acid contents and undesirable wine aromas (Jackson and Lombard, 1993). Furthermore, high temperature during berry ripening may inhibit anthocyanin synthesis or increase anthocyanin degradation (Haselgrove et al., 2000). In addition, there is also a relationship between training system, root

distribution and leaf surface area, which have impacts on vine water status (Deloire et al., 2004). Grape growth and berry biochemical composition are closely linked to vineyard water status, and to canopy and grape bunch microclimate (Ojeda et al., 2001; Souza et al., 2005a; Santos et al., 2005).

Pirapora, located in the North of the state of Minas Gerais, Brazil, is a traditional region for table grape production. The weather conditions (tropical climate with dry period and a sub-humid condition throughout the year) allow the growth of grapevines of the *Vitis vinifera* species, including table and wine grapes and it may contribute to expand the winemaking industry in Minas Gerais. The climate conditions also allow the vines to produce grapes in two different cycles per year, one cycle from August/September to January/February (the normally cycle adopted in most growing regions of Brazil) called summer cycle, and the other, from February to July, called winter cycle. This last cycle has an advantage upon the summer cycle because the maturation period and harvest coincide with the drier period of the year associated with a larger thermal amplitude. However, there is no information in the literature about the management of vineyards to produce high quality wine under these tropical conditions. In this context, this study evaluated the vine performance of field-grown ‘Syrah’ grapevines under different training systems. The knowledge of how grapevines respond to different training systems will result in a better control of vegetative growth, yield and must composition, and will also contribute to improve the vineyard management in tropical regions such as Northern Minas Gerais.

Material and Methods

This study was carried out in an irrigated experimental vineyard located in Pirapora, North of Minas Gerais state, Brazil (17° 21’ S, 44° 55’ W) at an

altitude of 505 m. The tropical humid regional climate is classified as Aw according to Köppen, with a dry season during the winter. The annual average rainfall is 1,200 mm, with 2,695 sunshine hours. The annual averages of maximum temperature and relative humidity are 30.6°C and 70.9%, respectively, and the thermal amplitude, based on its monthly averages is 12.7 °C increasing up to 16.1 °C during the harvest period (Tonietto et al., 2006).

The evaluations were performed during the ripening period of July of 2007 and 2008, corresponding to the winter growing season, in a 0.2 ha vineyard (480 plants) of 'Syrah' (clone 174) grafted onto 1103 Paulsen rootstock, planted in February 2006. The irrigation management consisted of drip irrigation and the amount of water applied was calculated from the average evapotranspiration (4.00 mm day⁻¹). From bud burst to the beginning of the maturation period 15 L h⁻¹ per plant were applied three times a week and, during the maturation period, the same quantity of water was applied but only once a week, until one week before the harvest.

Production pruning consisted of spur pruned vines with two nodes in length performed in February 2007 and 2008 in lignified shoots formed during the growing season from September 2006 to February 2007 and September 2007 to February 2008. The vines were spaced 2.8 m between rows and 1.5 m within rows, at a North-South orientation. Two management systems were tested: Vertical Shoot Position (VSP) and a modified Geneva Double Curtain (GDC) (Figure 1). In the VSP system, the vines were trained on a bilateral Royat Cordon at 1.0 m aboveground with shoots positioned upwards in three foliage wires (1.0 m of surface area). In the GDC system, the trunk was 1.9 m height and the shoots were horizontally divided and trained downwards. The curtains were supported at the top and the shoots were positioned to avoid an excessive light exposure on the fruit zone. Standard cultural practices in the region were applied to both treatments during the growing seasons.

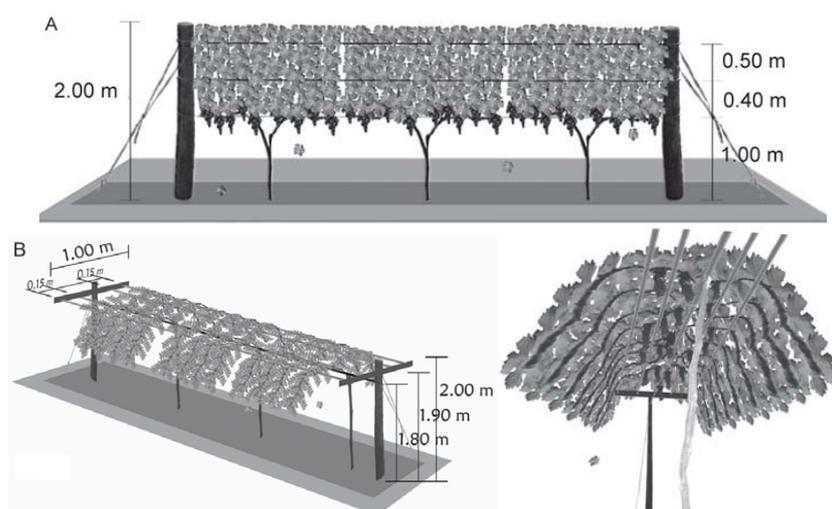


Figure 1- (A) Vertical shoot positioned (VSP) trellis and (B) Geneva Double Curtain (GDC) trellis in Pirapora, Minas Gerais, Brazil (winter 2007 and 2008).

The evaluations of primary leaf surface, water relations and net CO₂ assimilation were performed at the end of the ripening period, two weeks before harvest, in a randomized complete design. The primary leaf surface was calculated according to Carbonneau (1976 and 1977, cited by Regina et al., 2000) for ten grapevines per treatment. The vine water status was evaluated in the field through measurements of pre-dawn leaf water potential (Ψ_{pd}), midday leaf water potential (Ψ_{md}) and stem water potential (Ψ_{stem}), measured with a Scholander-type pressure chamber (Soil moisture Equipment Corp., model 3005). Measurements were made on six fully expanded leaves from different vines per treatment. Each removed leaf from the vine was immediately evaluated to avoid water loss. The Ψ_{pd} was measured before sunrise, the Ψ_{md} measured at

midday, and Ψ_{stem} was measured between 14h00 and 15h00. The Ψ_{stem} was measured according to Choné et al. (2001) on non-transpiring leaves, which had been bagged with both plastic film and aluminum foil 3 hours before measurements.

CO_2 assimilation rate (A) was measured in two periods in the morning, at 9h00 and 12h00 on the same day that water potentials were measured. Six fully expanded and completely exposed leaves situated in the medium portion of the stems were used for the measurements with a portable infrared gas analyzer (model CID 301 PS, working in an open system). The measurements were taken with PAR above $900 \mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$.

One day before harvest, forty berries facing west and east (20 berries per face) were selected for temperature measurements. Berry temperature was measured at 8h00, 10h00, 12h00, 14h00 and 16h00 with a portable thermometer (Instrutherm, model TE-300). At harvest, the number and weight of bunches were recorded in all vines and also used to estimate yield per vine and per hectare. Mean berry weight was estimated from a sample of 100 berries while the diameters (transversal and longitudinal) were estimated from a sample of 50 berries. A sample of 210 berries divided into three replicates were crushed in a polyethylene bag and filtered. The resulting juice was immediately analyzed for total soluble solids (TSS; °Brix) with a portable refractometer (ATAGO model PAL-1), and the pH of undiluted juice of each sample was determined using a pH meter, and titratable acidity (TA) was determined by titration of diluted juice with 0.1 mol L^{-1} of NaOH to a phenolphthalein end point and expressed as g L^{-1} tartaric acid.

Statistical data analysis was performed by analysis of variance (ANOVA) using the ESTAT software. The statistical differences were detected by F test.

Results and Discussion

Grapevines trained in VSP were in a higher water status than in the GDC as shown by differences in predawn leaf water potential (Ψ_{pd}) during both years, and stem water potential (Ψ_{stem}) during the 2007 season (Table 1). The Ψ_{pd} and Ψ_{stem} have been considered in the literature as good water stress indicators for vines (Deloire et al., 2004). Moreover, the Ψ_{stem} can be a powerful tool to assess vine water status since it is less affected by short term fluctuations induced by stomatal behavior and environmental conditions as compared to Ψ_{md} (Choné et al., 2001). Despite the differences for Ψ_{pd} values of the 2007 season, they were above -0.2 MPa in both management systems, which is in the range considered as absence of water stress, whereas in 2008 season the values were around -0.4 MPa, considered as a mild water stress (Deloire et al., 2004). The differences between seasons may be explained by evapotranspiration and by the interval between irrigation and measurements of pre-dawn leaf water potential. The measurements of Ψ_{pd} in 2008 were made some days after irrigation while in 2007 immediately after irrigation. Furthermore, the lowest air temperature in 2008 (28 °C at 9h00 and 34 °C at midday) as compared to 2007 (30 °C at 9h00 and 36°C at midday) and lowest leaf temperature in 2008 (29 °C at 9h00 and 34 °C at midday) as compared to 2007 (35 °C at 9h00 and 39 °C at midday) also could have contributed to increase the values of Ψ_{stem} in 2008.

Table 1 - Effect of training system on pre-dawn (ψ_{pd}), midday leaf water potential (ψ_{md}) and stem water potential (ψ_{stem}) of ‘Syrah’ grapevines in Pirapora, Minas Gerais, Brazil (winter of 2007 and 2008). Values are averages \pm SD. Averages followed by different letters in the same row per season are different ($p < 0.05$).

Water Potential (MPa)	2007		2008	
	GDC	VSP	GDC	VSP
Pre-dawn (ψ_{pd})	-0.18 \pm 0.04 b	-0.07 \pm 0.04 a	-0.47 \pm 0.02 b	-0.38 \pm 0.02 a
Midday leaf (ψ_{md})	-2.12 \pm 0.12 a	-1.92 \pm 0.13 a	-1.93 \pm 0.16 a	-1.83 \pm 0.11 a
Stem (ψ_{stem})	-1.43 \pm 0.17 b	-1.20 \pm 0.13 a	-0.66 \pm 0.45 a	-0.54 \pm 0.44 a

SD – Standard deviation

The decrease in vine water status of the GDC system could be attributed to a greater leaf area resulting in increased water loss observed in this training system (Table 2). Plant water status may be affected by changes in leaf specific hydraulic conductance due to its effect on stomatal conductance (Hubbard et al., 2001; Schultz, 2003; Smart et al., 2006). Furthermore, the greater trunk height in GDC system (1.90 m) as compared to VSP (1.0 m) and also the differences in branch orientation could have contributed to hinder water transport to the grapevine canopy. Schubert et al. (1999) showed that shoot hydraulic conductivity is negatively affected by downward branch orientation in contrast with upward growing branches. Shoot downward orientation induces accumulation of auxin in the apex and this affects the density and the size of the xylem vessels, causing reduction of hydraulic conductivity (Lovisolato et al., 2002).

CO₂ assimilation rate (A) of ‘Syrah’ was not affected by the training systems in both measured periods (Table 2). The reduction in Ψ_{pd} and Ψ_{stem} observed in GDC vines did not affect the photosynthesis rate. Although Ψ_{pd}

reached values around -0.4 MPa, considered moderate water stress (Deloire et al., 2004), the photosynthesis was unaffected as shown by other authors for grapevine (Souza et al., 2005b) and other crop species (Ferreira and Soriano, 2007). The differences between seasons of CO₂ assimilation rates were probably due to weather conditions (temperatures) during gas exchange measurements, as explained above for results of leaf water potential.

In general, in both growing seasons, the berries of the VSP system had the highest temperatures as compared to GDC in most of the measured time (Figure 2). The berries of the GDC system only presented highest temperatures at noon in both faces in 2007, and in 2008 at 16h00 in the East face and at 10h00 in the West face. Fruit exposure was greater in VSP than in GDC, contributing to increase berry temperature. However, in 2007 at midday, the berries in the GDC system had higher temperatures, probably due to the upward position of the leaves of this system that exposed the bunches to higher full solar radiation. Grapevines trained by GDC had greater shoot number and yield than those of the VSP system in both years (Table 2).

Table 2 - Effects of training systems on branch number, yield components, primary leaf surface and CO₂ assimilation rate (A) of ‘Syrah’ grapevines in Pirapora, Minas Gerais, Brazil (winter 2007 and 2008). The values are averages ± SD. Averages followed by different letters in the same row, per season, are significantly different ($p < 0.01$) and ($p < 0.05$)*.

	2007		2008		
	GDC	VSP	GDC	VSP	
Number of branches per vine	15.6 ± 3.12 a	11.35 ± 2.28 b	22.8 ± 3.29 a	16.70 ± 3.20 b	
Number of bunches per vine	22.1 ± 3.08 a	13.85 ± 4.02 b	37.6 ± 4.01 a	26.30 ± 6.96 b	
Berry weight (g)	1.46	1.41	1.35	1.36	
Berry transversal diameter (mm)	13.08 ± 0.63 a	12.36 ± 0.91 b	12.98 ± 0.80 a	12.33 ± 0.79 b	
Berry longitudinal diameter (mm)	14.61 ± 0.75 a	13.36 ± 0.81 b	14.18 ± 1.12 a	13.25 ± 0.95 b	
Yield (kg vine ⁻¹)	3.17 ± 0.10 a	1.68 ± 0.11 b	5.31 ± 0.57 a	3.57 ± 0.94 b	
Estimated yield (t ha ⁻¹)	7.6 ± 0.24 a	4.0 ± 0.27 b	12.6 ± 1.35 a	8.5 ± 2.25 b	
Primary leaf surface (m ²)*	3.9 ± 2.3 a	2.11 ± 0.34 b	4.29 ± 0.34 a	3.35 ± 0.85 b	
Leaf area /crop weight (m ² kg ⁻¹)	1.00 ± 0.07 b	1.35 ± 0.07 a	0.82 ± 0.17 a	0.95 ± 0.22 a	
A (μmol m ⁻² s ⁻¹)*	9h00	9.38 ± 1.95 a	9.69 ± 1.76 a	11.48 ± 3.5 a	12.23 ± 0.83 a
	12h00	6.02 ± 2.7 a	8.17 ± 4.24 a	12.12 ± 1.93 a	12.07 ± 2.55 a

SD - Standard deviation

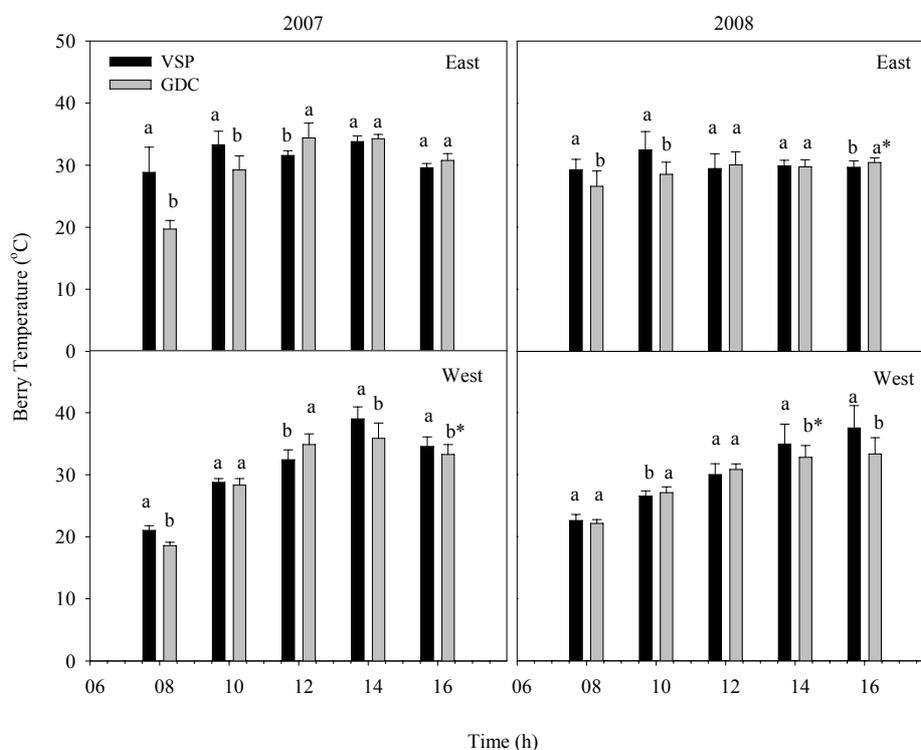


Figure 2 - Effect of training systems on berry temperature measured from 8h00 to 16h00 in the East and West faces of the 'Syrah' grapevine. Pirapora, Minas Gerais, Brazil (winter 2007 and 2008). Values are averages \pm SD (Standard Deviation). $p < 0.01$, except with * that $p < 0.05$.

Yield was greater for GDC due to greater bunch number, and also due to increased berry diameters (transversal and longitudinal). The greater yield of grapevines for GDC (7.6 ton ha⁻¹ in 2007 and 12.6 ton ha⁻¹ in 2008) in contrast to the VSP system (4.0 ton ha⁻¹ in 2007 and 8.5 ton ha⁻¹) did not negatively affect berry soluble sugar accumulation (Figure 3). At harvest, the berries of

GDC reached values near to 23 °Brix and 21 °Brix, in 2007 and 2008, respectively, whereas those for VSP had values around 21° Brix in both years. The explanations for this result is that most of the sugar load in the berries are derived from plant carbon assimilation (Ruffner et al., 1995; Davis and Robinson, 1996), which is dependent on the total amount of exposed leaf area. Although there were no differences in photosynthetic rates between trellis-training systems (Table 2), the leaf area for GDC was higher as compared to VSP (Table 2) and may have contributed to increase the total carbon assimilation of grapevine trained under the GDC system. In addition, since the type of trellis-training system used has such a dominant influence on the amount of leaf area single- and divided-canopy training systems could also explain the obtained results. In fact, there were significant differences between training systems for the proportion leaf area and fruit weight only in 2007.

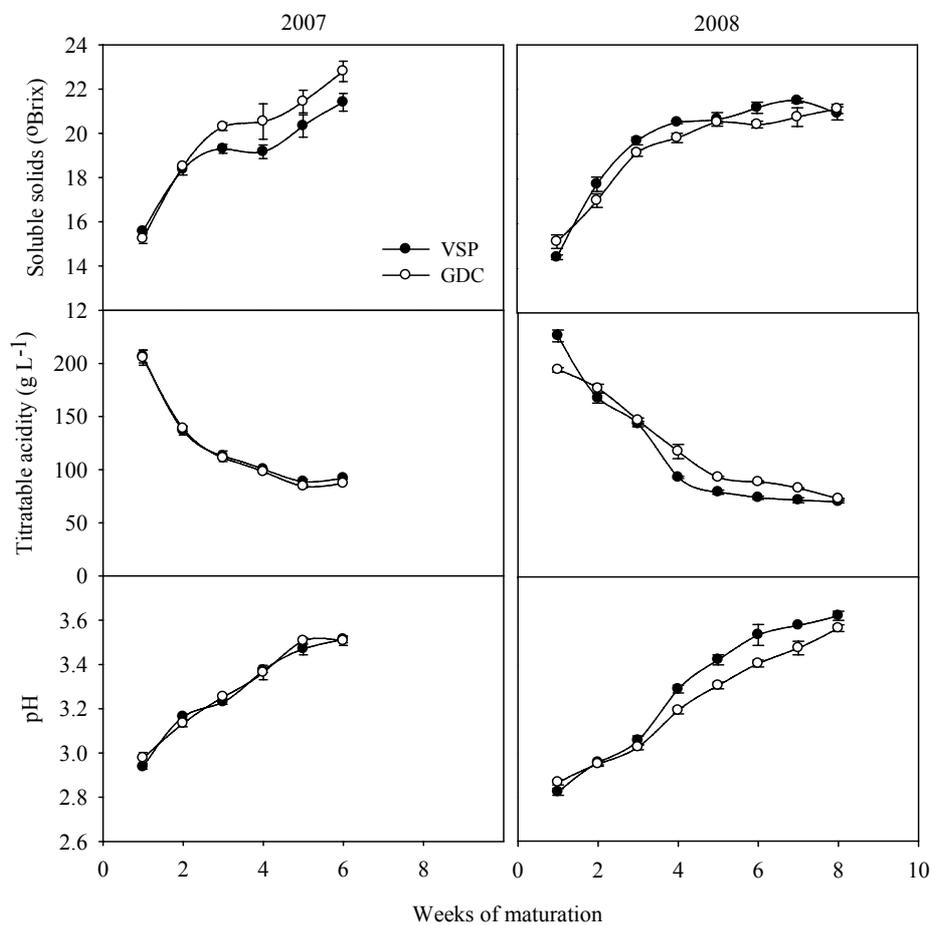


Figure 3 – Effects of training systems on soluble solids, titratable acidity and pH in must of ‘Syrah’ grapevines during the ripening periods of 2007 and 2008. The values are averages \pm SD.

For GDC, vines had 1.0 m² leaf area per kg fruit, whereas for VSP, this ratio increased to 1.35. The leaf area/fruit weight ratio has been used as a measure of crop load and vine balance for the production of high quality wine. The values found in this study were above the range considered as indicative of

well-balanced vines (not over or under cropped) by some authors. Kliewer and Dokoozlian (2005) showed that the leaf area required for maximum level of soluble sugar, berry weight and berry coloration at harvest should be within the range of 0.5 to 0.8 and 0.8 to 1.2 m² per kg for GDC and VSP, respectively. However, the ratio below which sugar level starts to decline was also reported by Jackson and Lombard (1993) and Williams (1996) to be between 0.7 and 1.0 m² per kg. Values given in the literature for the amount of leaf area needed to support a unit weight vary considerably depending on the cultivar, climatic region and method of measurement. In the present study, sugar contents observed for berries of GDC was greater than those of VSP only in the 2007 season, suggesting that GDC vines were better balanced in 2007. Probably, in the under cropped VSP vines there was more competition by photoassimilates between fruits and growing branches (and roots), contributing to decrease sugar concentration (Naor et al., 1997). Furthermore, divided canopy training systems such as GDC have considerably higher percentage of their leaf area at light saturation in contrast to single canopy systems, and, therefore, a lower leaf area/fruit weight ratio for fruit maturation would be expected (Kliewer and Dokoozlian, 2005).

Despite the differences observed in soluble solids only in 2007, pH and titratable acidity did not change between training systems in the two evaluated seasons (Figure 3). Berry composition is affected by exposure to sunlight through temperature and incident radiation. The increased temperature by excessive bunch exposure may produce berries with greater pH and lower acidity due to malic acid degradation as shown by some authors (Ruffner, 1982; Smart and Robinson, 1991; Jackson and Lombard, 1993). However, in this experiment, the highest berry temperature observed for VSP vines in the morning had no negative impact on total acidity. Similar results were also

obtained by Crippen and Morrinson (1986) comparing shaded and sun-exposed fruits.

Acknowledgements

We would like to thank FAPEMIG, CAPES and CNPq for financial support, the 'Cooperativa Agrícola de Pirapora and Associação dos Usuários do Projeto Pirapora' for providing the grapevines for this study and Laênio Graciano Prado for drawing Figure 1.

References

- Choné, X.; Van Leeuwen, C.; Dubourdieu, D.; Gaudillère, J.P. 2001. Stem water potential is a sensitive indicator of grapevine water status. *Annals of Botany* 87: 477-483.
- Crippen, D.D.; Morrinson, J.C. 1986. Effects of sun exposure on the compositional development of Cabernet Sauvignon berries. *American Journal of Enology and Viticulture* 37: 235-242.
- Davis, C.; Robinson, S.P. 1996. Sugar accumulation in grape berries. *Plant Physiology* 111: 275-283.
- Deloire, A.; Carbonneau, A.; Wang, Z.; Ojeda, H. 2004. Vine and water: a short review. *Journal International des Sciences de la Vigne et du Vin* 38: 1-13.
- Fereres, E.; Soriano, M.A. 2007. Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany* 58: 147- 159.
- Haselgrove, L.; Botting, D.; Van Heeswijk; Hoj, P.B.; Dry, P.R.; Ford, C.; Iland, P.G. 2000. Canopy microclimate and berry composition: the effect of bunch exposure on the

- phenolic composition of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz grape berries. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 6: 141-149.
- Hubbard, R.M.; Ryan, M.G.; Stiller, V.; Sperry, J.S. 2001. Stomatal conductance and photosynthesis vary linearly with plant hydraulic conductance in ponderosa pine. *Plant, Cell and Environment* 24: 113-121.
- Jackson, D.I.; Lombard, P.B. 1993. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality: a review. *American Journal of Enology and Viticulture* 44: 409-430.
- Kliewer, W.M.; Dokoozlian, N.K. 2005. Leaf area/crop weight ratios of grapevines: influence on fruit composition and wine quality. *Australian Journal of Enology and Viticulture* 56: 170-181.
- Lovisolò, C.; Schubert, A.; Sorce, C. 2002. Are xylem radial development and hydraulic conductivity in downwardly growing grapevine shoots influenced by perturbed auxin metabolism? *New Phytologist* 156: 65-74.
- Naor, A.; Gal, Y.; Bravdo, B. 1997. Crop load affects assimilation rate, stomatal conductance, stem water potential and water relations of field-grown Sauvignon blanc grapevines. *Journal of Experimental Botany* 48: 1675-1680.
- Ojeda, H.; Deloire, A.; Carbonneau, U.A. 2001. Influence of water deficits on grape berry growth. *Vitis* 40: 141-145.
- Regina, M.A.; Pereira, G.E.; Cançado, G.M.A.; Rodrigues, D.J. 2000. Calculate of the leaf area on grapevine through nondestructive method. *Revista Brasileira de Fruticultura* 22: 310-313. (in Portuguese, with abstract in English)
- Reynolds, A.G.; Wardle, D.A.; Cliff, M.A.; King, M. 2004. Impact of training system and vine spacing on vine performance, berry composition, and wine sensory: attributes of seyval and chance. *American Journal of Enology and Viticulture* 55: 84-95.

- Ruffner, H.P. 1982. Metabolism of tartaric and malic acids in *Vitis*: a review; Part B. *Vitis* 21: 346-358.
- Ruffner, H.P.; Hürlimann, M.; Skrivan, R. 1995. Soluble invertase from grape berries: purification, deglycosylation and antibody specificity. *Plant Physiology and Biochemistry* 33: 25-31.
- Santos, T.P.; Lopes, C.M.; Rodrigues, M.L.; Souza, C.R.; Silva, J.M.R.; Maroco, J.P.; Pereira, J.S.; Chaves, M.M. 2005. Effects of partial rootzone drying irrigation on cluster microclimate and fruit composition of field-grown Castelão grapevines. *Vitis* 44: 117-125.
- Schubert, A.; Lovisolo, C.; Peterlunger, E. 1999. Shoot orientation affects vessel size, shoot hydraulic conductivity, and shoot growth rate in *Vitis vinifera* L. *Plant, Cell and Environment* 22: 197-294.
- Schultz, H.R. 2003. Differences in hydraulic architecture account for near-isohydric and anisohydric behaviour of two field-grown *Vitis vinifera* L. cultivars during drought. *Plant, Cell and Environment* 26: 1383-1405.
- Smart, D.R.; Breazeale, A.; Zufferey, V. 2006. Physiological changes in plant hydraulics induced by partial root removal of irrigated grapevine (*Vitis vinifera* cv.Syrah). *American Journal of Enology and Viticulture* 57: 201-209.
- Smart, R. 1985. Principles of grapevine canopy microclimate manipulation with implications for yield and quality: a review. *American Journal of Enology and Viticulture* 36: 230-239.
- Smart, R.; Robinson, M. 1991. *Sunlight Into Wine: A Handbook for Winegrape Canopy Management*. Ministry of Agriculture and Fisheries, Wellington, New Zealand.
- Souza, C.R.; Maroco, J.P.; Santos, T.P.; Rodrigues, M.L.; Lopes, C.M.; Pereira, J.S.; Chaves, M.M. 2005a. Grape berry metabolism in field-grown grapevines exposed to different irrigation strategies. *Vitis* 44: 103-109.

- Souza, C.R.; Maroco, J.P.; Santos, T.P.; Rodrigues, M.L.; Lopes, C.M.; Pereira, J.S.; Chaves, M.M. 2005b. Control of stomatal aperture and carbon uptake by deficit irrigation in two grapevines cultivars. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 106: 261-274.
- Tonietto, J.; Vianello, R.L.; Regina, M.A. 2006. Macroclimatic characterization and enological potential of different regions with viticultural aptitude in Minas Gerais. *Informe Agropecuário* 27: 2-55 (in Portuguese).
- Williams, L.E. 1996. Grape. p.851-880. In: Zamski, E.; Schaffer, A.A, eds. *Photoassimilate distribution in plants and crops: source-sink relationships*. Marcel Dekker, New York, NY, USA.

ARTIGO 2 - FRUIT COMPOSITION OF 'SYRAH' VINES AS A FUNCTION OF TRAINING SYSTEMS

Preparado de acordo com as normas da revista Scientia Agricola – Versão
Preliminar

Ana Carolina Favero^{1*}; Renata Vieira da Mota²; Daniel Angelucci de Amorim²,
Claudia Rita de Souza²; Ângela Maria Soares³; Eduardo Purgatto⁴; Tânia
Misuzu Shiga⁴; Murillo de Albuquerque Regina²

¹*UFLA – Programa de Pós-Graduação em Agronomia/Fitotecnia, C.P. 3037 –
37200-000 – Lavras, MG – Brasil.*

²*Núcleo Tecnológico EPAMIG Uva e Vinho, Av. Santa Cruz, 500 – 37780-000 –
Caldas, MG – Brasil.*

³*UFLA – Setor de Fisiologia Vegetal - Departamento de Biologia, C.P. 3037,
37200-000 – Lavras, MG*

⁴*USP - Faculdade de Ciências Farmacêuticas, C. P. 66083 – Bloco 14, 05315-
970 - São Paulo - Brasil.*

**Corresponding author < acfavero@yahoo.com.br >*

ABSTRACT: The effects of training system in the canopy microclimate and its importance on yield and fruit composition has been extensively evaluated in cool climate, however less work has been done in hot climate. In this context, the aim of this work was to evaluate the composition of berries of 'Syrah' grapevines trained in two trellis systems: Vertical Shoot Position (VSP) and a modified Geneva Double Curtain (GDC_M), in Pirapora, Minas Gerais, Brazil, during the winter seasons of 2007 and 2008. Fruits of vines trained in GDC_M presented concentrations of malic and tartaric acids statistically higher during maturation. However, at harvest, the values did not differ between treatments. No differences were verified to sugar contents between treatments. Anthocyanin concentration was significant higher to GDC_M system in 2007 harvest, but the same trend was not verified in 2008. Skins total phenolics presented differences at harvest, only in the 2008 season; VSP presented higher values. Small amounts of seed total phenolics were observed to GDC_M only in 2007. The GDC_M system has shown higher yield and the fruit quality was not negative affected.

Key words: canopy management – organic acids – reducing sugars – phenolic compounds

Composição dos frutos da videira ‘Syrah’ em função do sistema de condução

RESUMO: O efeito do sistema de condução no microclima do dossel e sua importância na produtividade e composição dos frutos tem sido extensivamente estudado em regiões de clima frio, entretanto, poucos trabalhos têm sido desenvolvidos em regiões com temperaturas elevadas. Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi o de avaliar a composição de bagas de videiras ‘Syrah’, conduzidas por dois sistemas: Espaldeira (VSP) e Cortina Dupla de Geneva modificado (GDC_M), em Pirapora, Minas Gerais, durante as safras de inverno de 2007 e 2008. Frutos de videiras conduzidas em GDC_M apresentaram concentrações dos ácidos málico e tartárico estatisticamente maiores do que frutos em VSP durante o período de maturação. Entretanto, na colheita, os tratamentos não apresentaram diferenças significativas. Não foram observadas diferenças nos teores de açúcares redutores entre os tratamentos. Teores de antocianinas foram mais elevados, no momento da colheita, para o sistema GDC_M no ano de 2007, porém mesma tendência não foi verificada em 2008. Apenas no ano de 2008 foram verificadas diferenças entre os tratamentos no teor de polifenóis totais nas cascas; o sistema VSP apresentou maiores valores. Os teores de polifenóis totais nas sementes foram menores para o sistema GDC_M apenas em 2007. O sistema GDC_M apresentou maior produtividade e a qualidade dos frutos não foi negativamente afetada.

Palavras chaves: Manejo de dossel – ácidos orgânicos – açúcares redutores – compostos fenólicos

Introduction

Fruit quality depends upon vine growth characteristics and it may be adjusted by the use of appropriate rootstocks and training systems (Candolfi-Vasconcelos et al., 1994; Baeza et al., 2005). The introduction of any new training system in a given area requires both agronomic and ecophysiological

evaluations to determine its viability over time and how canopy structure interacts with the local climate (Cavallo et al., 2001). The choice of a training system is often determined by how efficiently it produces fruit of a desirable quality (Wolf et al., 2003).

Light, temperature, and its interactive effects highly influence grape berry composition (Jackson and Lombard, 1993; Downey et al., 2006). Light exposure can increase the concentration of sugars, organic acids, phenolics, anthocyanins and aroma compounds (Smart, 1985; Roubelakis-Angelakis and Kliewer, 1986; Reynolds et al., 2004). However, a high degree of bunch exposure is not conducive to optimal anthocyanin accumulation in berries because the level of related temperature can be too high (Kliewer, 1977; Haselgrove et al., 2000; Bergqvist et al., 2001; Spayd et al., 2002). Furthermore, high temperature during berry ripening may inhibit anthocyanins synthesis or increase its degradation (Haselgrove et al., 2000) and also diminish the acid contents causing undesirable wine aromas (Jackson and Lombard, 1993).

The meso and microclimate condition influences directly on the physiological effects of the vine trained in a specific trellis system and it is difficult to extrapolate results to different growing areas (Baeza et al., 2005). According to Cavallo et al. (2001), training systems should be labour-efficient and adapted to local climate. Generally, the best response of a training system is achieved when it exposes the greatest leaf surface area during optimum environmental conditions for photosynthetic activity (Baeza et al., 2005).

The city of Pirapora, in the northern of the state of Minas Gerais, Brazil, is a well known area for the cultivation of table grapes. The climate conditions in that area allows the production of the specie *Vitis vinifera* in two different cycles all over the year. However, studies on the management of vineyards, aiming the growth of *Vitis vinifera* wine grapes with great quality to the wine industry, are scarce. In this context, an investigation was imposed in Pirapora to evaluate the

responses of ‘Syrah’ grapevines trained in two different trellis systems. The first part of the study was focused on physiological and ecophysiological parameters as well as productivity and some basic physical-chemical characteristics such as berry weight and diameter, total soluble solids, titratable acidity and pH (Favero et al., 2010). In that study it was verified that GDC_M induced a greater leaf area and the productivity was 48% higher than VSP. To give continuity to the work, the present investigation was focused on more specific chemical analysis, such as organic acids, reducing sugars, anthocyanins and phenolic compounds.

Materials and Methods

This study was carried out in an experimental vineyard in Pirapora, located in northern of Minas Gerais (17° 21’ S; 44° 55’ W) at an altitude of 505 m. The tropical humid regional climate is classified as Aw according to Köppen, with dry season during the winter. The average annual rainfall is 1,200 mm, with 2,695 hours of total annual solar radiation. The maximum temperature is 30.6 °C, the relative humidity is 70.9% and thermal amplitude is 12.7 °C increasing up to 16.1 °C during the harvest period (Tonietto et al., 2006).

The evaluations were done during June and July of 2007 and July and August of 2008 (except to organic acids that was evaluated only in 2008), corresponding to winter growing season, in a ‘Syrah’ vineyard (clone 174) grafted onto 1103 Paulsen rootstock, planted in February of 2006, and irrigated by drip irrigation once a week. Production pruning consisted of spur pruned vines with two nodes in length performed in February 2007 and 2008 in lignified shoots formed during the growing season from September 2006 to February 2007 and September 2007 to February 2008. The vines were spaced 2.8 m between rows and 1.5 m within rows, at a north-south orientation. Two trellis systems were tested: Vertical Shoot Position (VSP) and a modified Geneva

Double Curtain (GDC_M). In VSP, the vines were trained on a bilateral Royat Cordon at 1.0 m aboveground with shoot positioned upwards in three foliage wires (1.0 m of surface area). In GDC_M , some steps were taken to reduce fruit exposure, a common problem in this training system. The trunk was 1.9 m height and the shoots were horizontally divided and trained downwards. The curtains were supported at the top and the shoots were positioned to avoid an excessive light exposure on the fruit zone. Standard cultural practices in the region were applied to both treatments during the growing seasons. A randomized complete design was adopted within a population of 200 plants.

During ripening period, the evolution of organic acids (malic and tartaric) and reducing sugars (glucose and fructose) from juice; and anthocyanins and total phenolic compounds from skins and seeds were evaluated in a sample of 20 plants (replicates) per treatment. From each plant was collected, on average, 13 to 14 berries to compound a sample of 265 berries. Samples were harvested from different bunches and positions in the bunch (the sunny superior part, shady superior part, sunny medium part, shady medium part, sunny inferior part and the shady inferior part). Berries were kept in plastic bags into a polystyrene box with ice and carried, immediately, to laboratory.

To organic acid and sugar analysis, the sample of 265 berries was divided into three subsamples and each one was crushed in a polyethylene bag and filtered. The resulting juices (musts) were kept in freezer $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ until analysis. A sample of 100 berries was used to anthocyanins and total phenolics analysis. Skins and seeds were carefully isolated from the remaining pulp, rinsed with tap and distilled water and then placed to dry in paper towels. Skins and seeds were weighed separately, frozen in liquid N_2 and stored at $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ until analyses.

Malic and tartaric acids were determined in the acid fraction obtained after passage of the must in an anion exchange resin Bio-Rex 5 (Bio Rad Labs)

(McCord et al., 1984). An aliquot of 20 μL was injected into a HPLC-DAD (Hewlett-Packard, model 1100) equipped with C-610H SupelcoGel column (Supelco, 30 cm x 7.8 mm) set at a temperature of 15 $^{\circ}\text{C}$, and diode array detector (DAD) at 245 nm. Water acidified with fosforic acid solution at 0.5 % was used as mobile phase at a flow rate of 0.5 $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ in an isocratic condition. The identification and quantification of the chromatograms were based on standard solutions of tartaric and malic acids.

Sugars were determined in the sugar fraction obtained after passage of the must in an anion exchange resin Bio-Rex 5 (Bio Rad Labs) (McCord et al., 1984). An aliquot of 25 μL was injected into chromatograph DX-500 (Dionex, Sunnyvale, CA, USA) using a CarboPac PA1 column (Dionex, 4.0 x 250 mm) coupled to a pulse amperometric detector in isothermal run at 25 $^{\circ}\text{C}$. As mobile phase was used 18 mM NaOH and isocratic flow of 1 $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$. The identification and quantification of the chromatograms was made from standard solutions of glucose, fructose and sucrose.

To the anthocyanins and skin total phenolics analysis, the skins were weighed on an analytical scale, placed in tubes containing 8 mL of acidified methanol (1% HCl, v/v), homogenized with an Ultra-Turrax apparatus (model B14, Digimed, São Paulo, Brazil) at 14,000 rpm for 1 minute and stored in darkness at 10 $^{\circ}\text{C}$ for 16 hours. Samples were centrifuged at 8,000 rpm for 15 minutes and the precipitated washed with acidified methanol until complete removal of pigments. The supernatant was collected in 50 mL volumetric flasks and used for anthocyanins and skin total phenolics analyses. Anthocyanins were measured by the pH differential method (Giusti and Wrolstad 2000) and the concentration (expressed as mg pigment per kg of berry) was determined using the molecular weight (529) and molar absorbance (28,000) values for malvidin-3-glucoside (Bergqvist et al. 2001). Total phenolics of skin were evaluated by Folin-Ciocalteu method (Amerine and Ough 1980). The values were calculated

to mg gallic acid kg⁻¹ of berry. In seeds, the phenolic compounds extraction was done by solubility in a solution of acidified methanol (1% HCl v/v). The volume of extraction solution was proportional to must volume found in the berries, where must volume = berry weight – (seed weight + skin weight). After storage for 48 hours in the dark, the samples were filtered in glass wool and total phenol was quantified by Folin Ciocalteu method. Total phenol content was expressed as mg of gallic acid per kg of berry.

Data were subjected to analysis of variance by ESTAT software (UNESP, Jaboticabal, Brazil). The statistical significant differences were detected by the F test.

Results and Discussion

The evolution of malic acid in 2008 presented a decreasing pattern from beginning to the end of maturation period, while to the tartaric acid, the values remained almost constant (Figure 1 A and B). During the whole ripening, VSP trellis system has shown significant lower values of malic and tartaric acids compared to GDC_M. However, there were no differences between treatments at the moment of harvest. The lower values of organic acids found all over the ripening period to the VSP system could be resulted from the higher water status of the vines trained in this trellis, compared to GDC_M (Favero et al., 2010), that probably diluted the acids in the berries. By the other hand, the similar values between treatments at harvest could be explained by berries dehydration, due to the irrigation suspension at one week before harvest, that promoted the acids concentration on VSP fruits.

The results of organic acids presented in this work followed the same trend of the results of titratable acid found in our previous study (Favero et al.,

2010). They are also consistent to findings by Peynaud (1984), Esteban et al. (1999), Cabanis et al. (2000), Manfroí et al. (2004), Ribéreau-Gayon et al. (2004) that reported values from 0.7 to 8.6 g L⁻¹ to malic and from 3.6 to 11.3 g L⁻¹ to tartaric acid to red varieties. Mota et al. (2010) reported values of 5.6 and 5.7 g L⁻¹ of tartaric and malic acids, respectively, to ‘Syrah’ must of grapevines grown in winter seasons of the south region of Minas Gerais, Brazil.

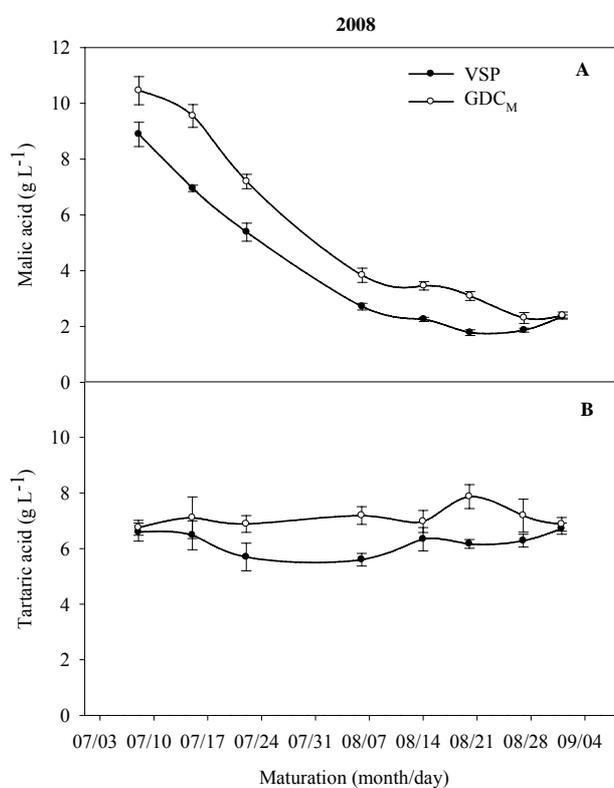


Figure 1 - Effect of training system on contents of malic (A) and tartaric (B) acids of berry must of ‘Syrah’ grapevines, during the ripening period of 2008, in Pirapora Minas Gerais, Brazil. Values are averages ± SD (Standard deviation).

Glucose and fructose, the main sugars in the berries, were not different between training systems at harvest of 2007 and 2008 seasons (Table 1). The values found in the present work are higher than those found by Mota et al. (2010) that reported, on average, 96.2 and 91.2 g L⁻¹ of glucose and fructose, respectively, to the cultivar Syrah, trained in VSP trellis, grown in the winter cycle of the coffee region of the Southern of Minas Gerais. According to Winkler et al. (1974) and Coombe (1987), the temperature has great influence upon berry composition; higher temperatures favors sugar concentration. Our findings are in accordance since Pirapora has warmer air temperatures than those registered to the South of Minas Gerais State.

The minimum and maximum values of glucose + fructose observed in this trial were 214.67 g L⁻¹ (to VSP in 2008 season) and 253.05 g L⁻¹ (GDC_M in 2007), respectively (Table 1). They are consistent to the findings by Blouin and Guimberteau (2000) who affirmed that the contents of reducing sugars vary from 160 to 250 g L⁻¹ to European varieties. According to Ribéreau-Gayon et al. (2004), our maximum and minimum contents of sugars have an alcohol potential of approximately 13 and 15 %, respectively, considering 16.83 g L⁻¹ of sugar per 1% volume of alcohol.

Table 1 – Effect of training system on contents of glucose and fructose, glucose + fructose and glucose/fructose ratio of berry must of ‘Syrah’ grapevines at harvest of 2007 and 2008, in Pirapora, Minas Gerais, Brazil. Values are averages \pm SD.

	2007		2008	
	VSP	GDC _M	VSP	GDC _M
Glucose (g L ⁻¹)	119.05 \pm 1.6	128.24 \pm 15.6	108.24 \pm 2.28	111.89 \pm 6.65
F (P<0.05)	7.53 ns		0.82 ns	
CV (%)	3.32		4.50	
Fructose (g L ⁻¹)	116.32 \pm 1.91	124.81 \pm 5.13	106.43 \pm 1.98	110.55 \pm 6.17
F (P<0.05)	7.23 ns		1.21 ns	
CV (%)	3.21		4.22	
Glucose + Fructose	235.37	253.05	214.67	222.44
Glucose/Fructose	1.02	1.03	1.02	1.01

SD – standard deviation

The quantities of those sugars are sensible equals at maturation time, presenting values of glucose/fructose ratio in the order of 1 to 0.95 close to harvest (Kanellis and Roubelakis-Angelakis, 1993; Guimberteau, 2000). The values of glucose/fructose found in the present study were close to 1, showing that fruits of both treatments had reached maturity when they were compared.

In 2007, it can be observed an increasing of the values of anthocyanins and skin total phenolics, with reducing levels previous to harvest (Figure 2 A and C). Even with these reductions at the end of ripening period, the contents of anthocyanins, reported to VSP and GDC_M, and skin total phenolics contents, for the GDC_M system, were higher than those observed at the beginning of ripening. The skin total phenolic contents of VSP presented values below those recorded at the onset of maturation.

On the average, anthocyanin content ranged from 639.2 to 1,348.2 mg kg⁻¹ berry fresh weight in GDC_M and from 796.2 to 1,263.4 mg kg⁻¹ berry fresh

weight in VSP, in 2007. At harvest of this season, there was significant difference between GDC_M and VSP. In the 2008 season, anthocyanins had, on average, an increasing trend until the last point evaluated. The values ranged from 583.2 to 1,288.6 mg kg⁻¹ berry fresh weight in GDC_M and 513.0 to 1,176.4 mg kg⁻¹ berry fresh weight in VSP and they were not significant different. Values of total anthocyanins between 1,100 to 1,500 mg kg⁻¹ berry were reported by Wolf et al. (2003) during three years of studies with the cultivar Syrah trained on the VSP system, in Australia.

Some studies had demonstrated that bunches with lower contents of anthocyanins were verified when they were more exposed to direct radiation and, simultaneously, to a high berry temperature (Kliwer, 1970; Haselgrove et al., 2000; Bergqvist et al., 2001; Spayd et al., 2002; Mori et al., 2004). Since modified GDC presents more leaf area and, probably, more protection to the bunches, it is expected that the great values of anthocyanins should be found to GDC_M instead VSP, as found in 2007 season. In 2008, however, the influence of training system was not significant.

The contents of skin total phenolics, observed to 2007 season, ranged from 2,900.9 to 3,783.5 mg kg⁻¹ berry fresh weight in GDC_M and from 3,486.2 to 4,045.0 mg kg⁻¹ berry fresh weight in VSP; values were statistically similar at harvest. In 2008, the values of skin total phenolics ranged from 2,502.9 to 3,885.9 mg kg⁻¹ berry fresh weight and from 3,034.7 to 4,406.5 mg kg⁻¹ berry fresh weight to GDC_M and VSP, respectively. The great value of phenolic compounds on VSP system observed at harvest of 2008 was significantly different from GDC_M. It is still possible to see in the figure 2 (C and D) differences in the values of skin phenolic, at harvest, found over the two years studied. The concentration of skin phenolic compounds in grapes is very dependent on the grapevine variety and it is influenced by viticultural and environmental factors (Broussaud et al. 1999; Ojeda et al. 2002). The speed and

intensity of accumulation depends largely on climate, soil and cultural practices, resulting in differences between seasons (Guerra, 2002). In this study, since soil and cultural practices were the same for the both years of study, the differences observed through the seasons may be attributed to differences on microclimate conditions.

Seed total phenolics contents had an expected decreasing throughout both seasons studied. This reduction is favorable for grape quality since the tannins, the main group of phenolic compounds in the seeds, are responsible for wine astringency (Blouin and Guimberteau 2000). The figure 2 (E and F) shows difference between treatments only at harvest of 2007 season, and GDC_M trellis system presented lower values than VSP. In 2008, the behavior was similar to both treatments until harvest.

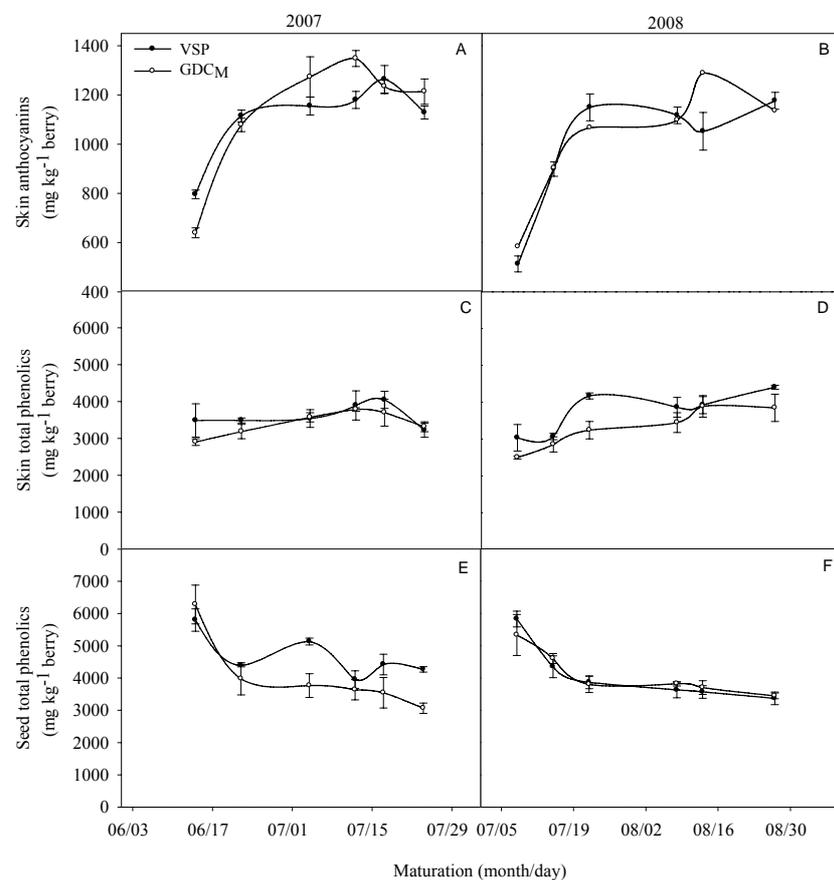


Figure 2 - Effect of training system on contents of skin anthocyanins (A, B), skin total phenolics (C, D) and seed total phenolics (E, F) of 'Syrah' grapevines during the ripening periods of 2007 and 2008. The values are averages \pm SD.

Conclusion

The northeast region of Minas Gerais State represents a new area for wine grapes of the specie *Vitis vinifera*. In this region, characterized by high sunlight intensity and high temperatures, canopy management plays an important role in berry quality. Despite GDC_M had shown higher yield than VSP, the quality of fruits was not negative affected.

Acknowledgements

We would like to thank CAPES, FAPEMIG and CNPq for financial support and the Cooperativa Agrícola de Pirapora and Associação dos Usuários do Projeto Pirapora for providing the grapevines for this study.

References

- Amerine, M.A.; Ough, C.S. Methods for analysis of musts and wines. New York: John Wiley & Sons, 1980. 341p.
- Baeza, P.; Ruiz, C.; Cuervas, E.; Sotés, V.; Lissarrague, J.R. 2005. Ecophysiological and Agronomic Response of Tempranillo Grapevines to Four Training Systems. American Journal of Enology and Viticulture 56: 2, 129-138.
- Bergqvist, J.; Dokoozlian, N.; Ebisuda, N. 2001. Sunlight exposure and temperature effects on berry growth and composition of Cabernet sauvignon and Grenache in the Central San Joaquin Valley of California. American Journal of Enology and Viticulture 52: 1-7.

- Blouin, J.; Guimberteau, G. 2000. *Maduration e Maturité des raisins*. Éditions Féret, Bordeaux. p. 151.
- Brossaud, F.; Cheynier, V.; Asselin, C.; Moutounet, M. 1999. Flavonoid compositional differences of grapes among site test plantings of Cabernet franc. *American Journal of Enology and Viticulture* 50: 277-284.
- Cabanis, J.C.; Cabanis, M.T.; Cheynier, V.; Teissedre, P.L. 2000. Tablas de composición. p. 218-231. *In*: FLANZY, C. *Enología: fundamentos científicos y tecnológicos*. Mundi Prensa, Madrid, Spain.
- Candolfi-Vasconcelos, M.C.; Koblet, W.; Howell, G.S.; Zweifel, W. 1994. Influence of defoliation, rootstock, training system, and leaf position on gas exchange of Pinot Noir grapevines. *American Journal of Enology and Viticulture* 45: 173-180.
- Cavallo, P.; Poni, S.; Rotundo, A. 2001. Ecophysiology and vine performance of cv. "Aglanico" under various training systems. *Scientia Horticulturae* 87: 21-32.
- Downey, M.O.; Dokoozlian, N.K.; Krstic, M.P. 2006. Cultural Practice and environmental impacts on the flavonoid composition of grapes and wine: a review of recent research. *American Journal of Enology and Viticulture* 53: 257-268.
- Esteban, M. A.; Villanueva, M. J.; Lissarrague, J. R. 1999. Effect of irrigation on changes in berry composition of Tempranillo during maturation. Sugar, organic acids, and mineral elements. *American Journal of Enology and Viticulture* 50: 418-433.
- Favero, A.C.; Amorim, D.A.; Mota, R.V.; Souza, C.R.; Regina, M.A. 2010. Physiological responses and production of 'Syrah' vines as a function of training systems. *Scientia Agricola* 67: 267-273.

- Giusti, M.M.; Wroslad, R.E. Characterization and measurement of anthocyanins by uv-visible spectroscopy. *Current Protocols in Food Analytical Chemistry*. New York: John Willey & Sons, 2000.
- Guerra, C.C. Maturação da uva e condução da vinificação para a elaboração de vinhos finos. In: Regina, M. A. (Coord.). *Viticultura e Enologia – Atualizando Conceitos*. Caldas: EPAMIG-FECD, 2002, p. 179-192 (in Portuguese).
- Guimberteau, J.B.G. *Maturation et maturité des raisins*. Éditions Féret. Bordeaux. 151p. 2000.
- Haselgrove, L.; Botting, D.; Van Heeswijck, H.P.B.; Dry, P.R.; Ford, C.; Iland, P.G. 2000. Canopy microclimate and berry composition: the effect of bunch exposure on the phenolic composition of *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz grape berries. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 6: 141-149.
- Jackson, R.S. *Wine Science: principles and applications*. 3 ed. Academic Press, California. 751p. 2008.
- Jackson, D.I.; Lombard, P.B. 1993. Environmental and management practices affecting grape composition and wine quality – a review. *American Journal of Enology and Viticulture* 44: 409-430.
- Kanellis, A.K.; Roubelakis-Angelakis, K.A. Grape. In: *Biochemistry of fruit ripening*. Eds.: Seymour, G.; Taylor, J.; Tucker, G. London: Chapman & Hall. p. 189-234. 1993.
- Kliewer, W. M. 1970. Effect of day temperature and light intensity on coloration of *Vitis vinifera* L. Grapes. *Journal of American Society of Horticultural Science* 95: 693-697.
- Kliewer, W.M. 1977. Influence of temperature, solar radiation and nitrogen on coloration and composition of Emperor grapes. *American Journal of Enology and Viticulture* 28: 96-103.

- Manfroi, L.; Miele, A.; Rizzon, L. A.; Barradas, C.I.N.; Souza, P.V.D. 2004. Evolução da maturação da uva Cabernet franc conduzida no sistema lira aberta. *Ciência e Agrotecnologia* 28: 306-313.
- McCord, J.D.; Trousdale, E.; Dewey, Ryu, D.D.Y. 1984. An improved sample preparation procedure for the analysis of major organic components in grape must and wine by high performance liquid chromatography. *American Journal of Enology and Viticulture* 35: 28-29.
- Mori, K.; Sugaya, S. ; Gemma, H. 2004. Regulatory mechanism of anthocyanin biosynthesis in 'Kyoto' grape berries grown under different temperatures conditions. *Environmental Control in Biology* 42: 21-30.
- Mota, R.V.; Silva, C.P.C; Favero, A.C.; Purgatto, E.; Shiga, T.M.; Regina, M.A. 2010. Composição físico-química de uvas para vinho fino em ciclos de verão e inverno. *Revista Brasileira de Fruticultura*. 32: 1127-1137.
- Ojeda, H.; Andary, C.; Kraeva, E.; Carbonneau, A.; Deloire, A. 2002. Influence of pre and postveraison water déficit on síntesis and concentration of skin phenolic compounds during berry growth of *vitis vinifera* L., cv. Shiraz. *American Journal of Enology and Viticulture* 53: 261-267.
- Peynaud, E. *Enologia practica – conocimiento y elaboración Del vino*. 2. ed. Madrid: Mundi-Prensa. 1984. 405p.
- Reynolds, A.G.; Wardle, D.A.; Cliff, M.A.; King, M. 2004. Impact of Training System and Vine Spacing on Vine Performance, Berry Composition, and Wine Sensory Attributes of Seyval and Chance. *American Journal of Enology and Viticulture* 55: 84-95.
- Ribéreau-Gayon, P.; Dubourdieu, D.; Donèche, B ; Lonvaud, A. *Traité D'Oenologie 1. microbiologie du vin : Vinifications*. 5. ed. Paris : Dunod. 2004. 661p.
- Roubelakis-Angelakis, K.; Kliewer, W.M. 1986. Effects of exogenous factors on phenylalanine ammonia-lyase activity and accumulation of anthocyanins and

- total phenolics in grape berries. *American Journal of Enology and Viticulture* 37: 275-280.
- Smart, R. 1985. Principles of Grapevine Canopy Microclimate Manipulation with Implications for Yield and Quality. A Review. *American Journal of Enology and viticulture* 36: 230-239.
- Spayd, S.E.; Tarara, J.M.; Mee, D.L.; Ferguson, J.C. 2002. Separation of sunlight and temperature effects on the composition of *Vitis vinifera* cv. Merlot berries. *American Journal of Enology and Viticulture* 53: 171-181.
- Tonietto J.; Vianello, R.L.; Regina, M.A. 2006. Caracterização macroclimática e potencial enológico de diferentes regiões com vocação vitícola em Minas Gerais. *Informe Agropecuário* 27: 32-55.
- Wolf, T.K.; Dry, P.R.; Iland, P.G.; Botting, D.; Dick, J.; Kennedy, U.; Ristic, R. 2003. Response of Shiraz grapevines to five different training systems in the Barossa Valley, Australia. *Australian Journal of Grape and Wine Research* 9: 82-95.

**ARTIGO 3 - ROOTSTOCK EFFECTS ON CARBOHYDRATE
STORAGE AND THE RELATIONSHIP WITH BUD FERTILITY AND
PRIMARY BUD NECROSIS IN *Vitis vinifera* L. cv. SHIRAZ**

Preparado de acordo com as normas da revista American Journal of Enology and
Viticulture – Versão Preliminar

Catherine M. Cox^{1,2}, Ana Carolina Favero³, Peter R. Dry^{2,4}, Michael G.
McCarthy⁵, Cassandra Collins^{2*}

¹ The Phylloxera and Grape Industry Board of South Australia, 46 Nelson Street
Stepney, SA 5069

² School of Agriculture, Food and Wine, University of Adelaide, Waite Research
Precinct, PMB 1, Glen Osmond, SA 5064

³ Departamento de Agricultura, Universidade Federal de Lavras, Caixa Postal
3037, CEP 37200-000, Lavras, MG, Brazil.

⁴ The Australian Wine Research Institute, Wine Innovation Cluster, Glen
Osmond SA 5064

⁵ South Australian Research and Development Institute, Research Road,
Nuriootpa, 5355

*Corresponding author (cassandra.collins@adelaide.edu.au)

Acknowledgements: We would like to thank CAPES (Coordenação de
Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior) for the scholarship granted to
Ana Carolina Favero. The Barossa Valley Technical Group, Barossa Vine
Selection Society and Elders for their part funding through the Barossa Young
Viticulturist Fellowship awarded to Catherine Cox. Special thanks to Dr.

Everard Edwards at CSIRO for his help and assistance with carbohydrate methodology and calculations. This research was funded by The Phylloxera and Grape Industry Board of South Australia.

Abstract: Shiraz vines grafted to three different rootstocks at two sites were used to evaluate their effect on carbohydrate accumulation, bud fertility and primary bud necrosis (PBN). Trunks, canes and roots were sampled during dormancy for carbohydrate concentration and buds were scored for the number of inflorescence primordia and incidence of PBN. Carbohydrate concentration differed between the rootstocks at both sites. Rootstocks affected the incidence of PBN. High concentrations of starch in the roots resulted in high levels of PBN. At both sites PBN was greater than 20%. A relationship between rootstock genotype, carbohydrate concentration, bud fertility and PBN was found.

Key words: *Vitis vinifera* L., rootstocks, water supply, carbohydrates, primary bud necrosis (PBN).

Introduction

The development of reproductive organs and vegetative growth in grapevines occurs simultaneously with competitive requirements for carbohydrate reserves. The perennial parts of the vine, such as the roots and trunk, are the major storage organs for carbohydrates (Bates et al. 2002). The storage mechanisms within the grapevine are influenced by a number of factors including climate, variety, seasonal stresses of the previous and current season and, potentially, variety of rootstock (Koblet et al. 1993, Candolfi-Vasconcelos

et al. 1994, Petrie et al. 2004, Bennett et al. 2005, Holzapfel and Smith 2007, Vrsic et al. 2009). Storage or reserve accumulation begins within the vine at the 10 leaf stage (Candolfi-Vasconcelos et al. 1994). However, the post harvest period is considered the carbohydrate replenishment or recovery period (Bates et al. 2002).

A positive relationship has been established between the amount of carbohydrate reserves, vine growth and yield (Candolfi-Vasconcelos and Koblet 1990, Bennett et al. 2005). Carbohydrate reserves of less than 2% dry weight (DW) have been shown to reduce cane weight, fruitfulness and yield (Bennett et al. 2005). In addition, low tissue carbohydrate concentrations have been correlated with an increased incidence of bud necrosis (Vasudevan et al. 1998a,b).

Primary bud necrosis (PBN) is a physiological disorder that affects the primary bud within the compound bud during bud initiation (Vasudevan et al. 1998a, Collins et al. 2006, Collins and Rawnsley 2008). PBN greater than 20% in a vineyard is considered to have a significant impact on fruitfulness and therefore final yield (Pool 2000). The cultivar Shiraz is reported to have one of the highest incidences of PBN in Australian vineyards (Dry and Coombe 1994, Collins and Rawnsley 2005, Collins and Rawnsley 2008).

The use of rootstocks in Australian viticulture has been shown to overcome problems associated with poor fruitset and a reduction in the proportion of seeded berries relative to seedless berries and live green ovaries (LGOs) (May 2004, Dry 2007). Differences in root architecture between rootstocks have been shown to affect the performance of the scion along with the nature and vigor of the vine (Virgona et al. 2003, Soar and Loveys 2007, Dry 2007). However, detailed information on the effects of rootstocks on bud fertility, PBN or carbohydrate accumulation remains largely unavailable.

The role of carbohydrates in bud fertility requires further examination. The aim of this study was to examine the influence of different rootstocks on carbohydrate accumulation, bud fertility and PBN at two sites within South Australia. A water stress treatment was also applied at one of the sites to examine whether water deficits affected bud fertility or the ability of the rootstock to store carbohydrates.

Materials and Methods

Experimental sites. The study was conducted in two vineyards located in South Australia, Australia: one vineyard at the Waite Agricultural Research Institute, in Adelaide (36° 92' S, 138° 62' E) and the second vineyard located at Nuriootpa in the Barossa Valley (34° 48' S, 139° 04' E). The two vineyards differed in planting density and cropping levels. The Adelaide vineyard was planted in 1993 at 1133 vines per hectare and trained to a vertical shoot positioned canopy. The Nuriootpa vineyard was planted in 2001 at 1481 vines per hectare and trained to a single wire cordon. Both vineyards were drip irrigated, with scheduling based on soil moisture probes. In the 2009-2010 season, the Adelaide and Nuriootpa vineyards received 1.5 and 0.5 ML.ha⁻¹ of irrigation respectively. Evaporation rates at Adelaide for 2009-2010 growing season were 1463 mm with a growing season rainfall (September 2009–May 2010) of 281 mm. At Nuriootpa, the corresponding evaporation was 1663 mm and the growing season rainfall totaling 386 mm (Bureau of Meteorology 2010).

Experimental design. Four treatments of Shiraz scion grafted to three rootstocks (Ramsey (*Vitis champinii*), Schwarzmann (*Vitis riparia* X *Vitis rupestris*) and 140 Ruggeri (*Vitis berlandieri* X *Vitis rupestris*)) and own rooted Shiraz (Shiraz OR) (BVRC12 clone at Adelaide and BVRC30 clone at Nuriootpa), were studied at both vineyards over one season. A randomized complete design with 6 replications was used in the Adelaide vineyard. The

Nuriootpa vineyard had irrigated and unirrigated treatments each with 3 replicate blocks of 3 panels with 3 vines per panel. Treatments undergoing zero irrigation had their drip irrigation lines bypassed between panel 1 and 3 using black polyethylene (PE) piping. Vines 1 and 9 in the unirrigated plots were used as buffer vines and adjacent panels in rows either side also had their irrigation bypassed to act as buffer rows.

Experimental Protocol. During winter dormancy the vines were spur pruned to approximately 40 nodes per vine to match the commercial pruning level of the two vineyards. At this stage cane number per vine was counted and pruning weights were recorded on a per vine basis. Twenty canes from each plot were also collected at this time to assess bud fertility. Compound buds at node positions 1 to 4 were dissected and scored on the number of inflorescence primordia per compound bud and percentage of PBN using a binocular microscope (Leica – model MS5, Volpi Swiss) at 10-40x magnification. For carbohydrate analysis, wood samples from canes, trunks and roots were taken after leaf fall. The trunk samples were collected as wood drillings using a 5 mm drill bit. For each vine, four holes were drilled at four positions along the vine trunk, two holes above the graft union and two holes below the graft union, to ensure sufficient samples and to capture any variation within the vine. Root samples of 5 mm diameter were collected at 10 cm from the trunk of each vine. Cane samples were also analyzed for carbohydrate concentrations: samples were collected at pruning and were kept on dry ice until storage in a freezer (-80 °C). All samples were freeze dried (model Alpha 2-4 LSC, John Morris Scientific, Adelaide, Australia) and ground in an electrical grinder (model LM1-P, Labtech Essa, Bassendean, Australia).

Starch carbohydrate analysis. Starch carbohydrate was measured as described by Edwards et al. (2011 in press). Briefly, soluble sugars were extracted from a 5 mg subsample of each tissue using 3x 0.5 mL of 80 %

aqueous ethanol wash (60 °C, 5 minutes). Concentrations of starch was determined with commercial enzyme assays (Megazyme® International, Bray, Ireland). For the determination of starch, an α -amylase solution (1 mL of thermostable α -amylase + 30 mL of MOPS buffer, 50 mM, pH 7.0) was used followed by sodium acetate buffer (200 mM, pH 4.5), amyloglucosidase and GOPOD reagent (0.26 M, pH 7.4) and measured in a spectrophotometer (Multiskan Spectrum, model 00300011, Thermo Electron Corporation, Vantaa, Finland) at 505 nm. The concentration of total starch was determined using a glucose standard curve.

Pre-dawn leaf water potentials. Pre-dawn leaf water potential measurements were taken at Nuriootpa at harvest. A total of 5 vines per replicate were sampled and assessed for leaf water potential. Three leaves from each vine were excised using a single edged razor blade through the petiole. The water potential was measured using a 3000 series leaf pressure chamber (Soil Moisture Equipment Corp, Santa Barbera, USA).

Statistical analysis. Statistical analysis of data was performed using Genstat (10th Edition 10.1.0.72 Lawes Agriculture Trust 2007) statistical package. The Adelaide data set was analyzed using a one way ANOVA; and for the Nuriootpa, a split plot analysis was performed to account for rootstock and irrigation treatments.

Results and Discussion

Rootstocks significantly affected starch concentrations within the roots and trunk at both sites, irrespective of irrigation. The main storage organs for carbohydrates are within the roots and trunk of the vine (Bates et al. 2002). On average, higher concentrations of starch (% dry weight (DW)) at both sites were found in the roots, followed by the trunk and the cane (Figure 1). At Adelaide and for the irrigated treatment at Nuriootpa, high starch concentrations were

found in the roots of 140 Ruggeri. However, for the unirrigated treatments at Nuriootpa, Schwarzmann and Shiraz OR had higher concentrations of starch in the roots compared with the other rootstocks. Starch concentrations in the trunk were closely associated with pruning weights whereby the higher the pruning weights, the greater capacity to store starch in the trunk. Significant differences in cane number, cane weight and pruning weight were found for rootstock treatments at Nuriootpa where Shiraz OR had higher pruning weight, cane weight and cane number for both irrigation treatments (Table 1). Ramsey had the lowest pruning weight for both irrigated and unirrigated treatments at Nuriootpa. The effect of zero irrigation at Nuriootpa significantly affected the number of canes per vine and increased predicted fruitfulness. Stevens et al. (2010) found that irrigation did not affect number of canes per vine, inflorescences per shoot or percentage fruitful nodes. These different outcomes may be attributed to plant water availability resulting from differences in soil water holding capacities of the different soil types.

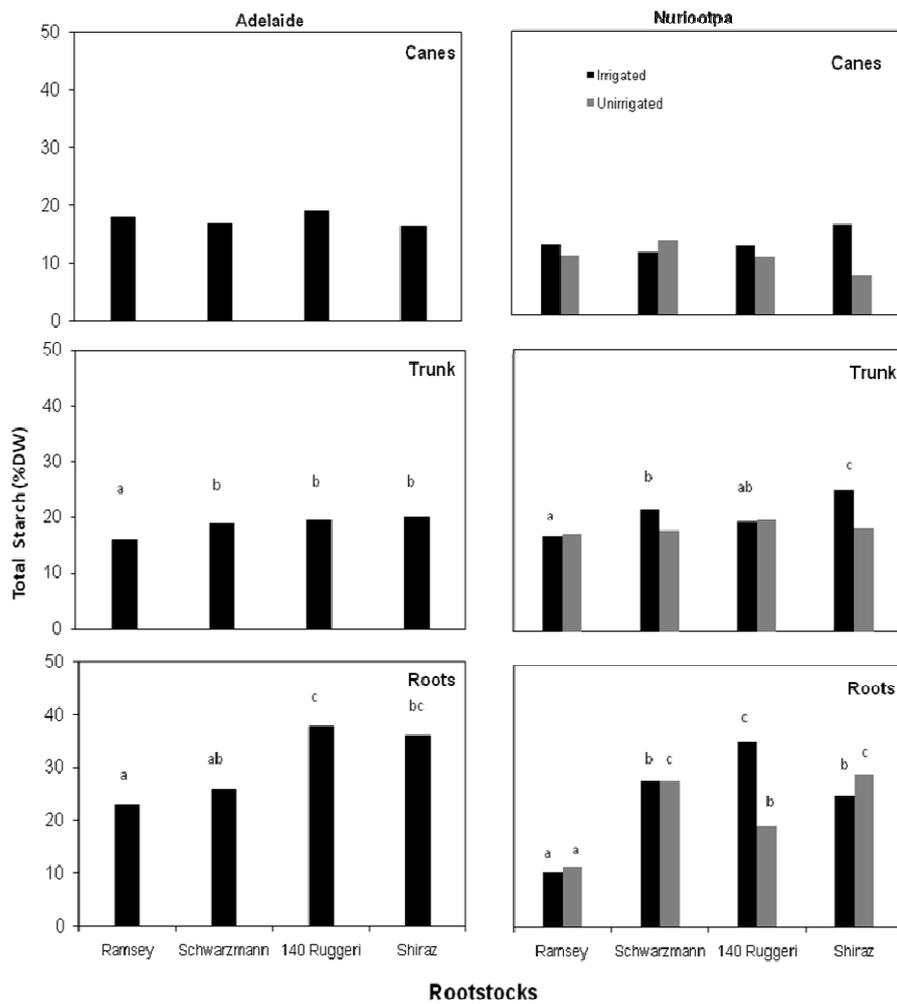


Figure 1. Total starch amounts (% DW) on canes, trunk and roots of ‘Shiraz’ scion BVRC12 at Adelaide (A, B and C) and BVRC30 at Nuriootpa (D, E and F) grafted to different rootstocks (‘Ramsey’, ‘Schwarzmann’, ‘140-Ruggeri’ and ‘Shiraz’ OR) in South Australia, Australia.

Overwintering starch concentrations in the roots at Adelaide were on average 30.6 % DW whereas at Nuriootpa they were 24.6 % DW for irrigated and 21.9 % DW for unirrigated vines (Figure 1). The differences in root, trunk and cane starch concentrations between the two sites may be due to differences in climatic conditions throughout the 2010 growing season: Adelaide had a mean maximum growing season (September 2009- March 2010) temperature of 26.9 °C, a rainfall total of 281 mm and 1462 mm of evaporation. Nuriootpa had a mean maximum growing season temperature of 25.9 °C, a higher rainfall total of 386 mm and a higher evaporative demand of 1662 mm during the growing season (Bureau of Meteorology, 2010). These subtle differences in temperature, evaporative demand and rainfall combined with the differences in vine age, density, soil texture and water holding capacity may have caused the differences in starch levels in the root, trunk and canes of the vines at both sites. In studies conducted in cool climate conditions, Weyand and Schultz (2006) observed lower values for total non-structural carbohydrates under cooler conditions compared with other values found under warmer climatic conditions, suggesting that warmer climates are favourable for carbohydrate accumulation. The lower starch trunk concentrations observed in the older vineyard at Adelaide further support the findings of Weyand and Shultz (2006), that older wood has a lower remobilization capacity. Furthermore, this effect was significantly influenced by rootstock genotype (Figure 1).

Overwinter trunk concentrations of starch have been found to be between 2.5 % and 11.4 %, depending on the cultivar analyzed (Winkler and Williams 1945, Koblet et al. 1993, Bennett et al. 2005). At both sites, higher concentrations of starch were found in the trunk than previously reported (Figure 1). Many authors have suggested that a relationship exists between overwintering carbohydrates and grapevine fruitfulness (Bates et al. 2002, Bennett et al. 2005, Holzzapfel and Smith 2007): more specifically; starch

concentrations in the roots that are found to be less than 2 % DW at budburst are thought to be detrimental to fruitfulness (Bennett et al. 2005). All rootstocks at both locations had more than 10 % starch DW in the roots at the time of leaf fall.

Rootstocks significantly affected predicted fruitfulness at the two sites (Table 1 and 2). 140 Ruggeri and Shiraz OR had the highest predicted fruitfulness at both Adelaide and Nuriootpa. Water deficits have been shown to increase carbohydrate concentrations and decrease total vine size (Petrie et al. 2004). Unirrigated vines had significantly higher predicted fruitfulness than irrigated. Furthermore, the increased fruitfulness displayed in the unirrigated treatments at Nuriootpa supports the findings of Williams et al. (2010) whereby severely water stressed Shiraz vines had higher bud fruitfulness than the irrigated treatments. This increased fruitfulness was associated with an indirect effect of lower shoot and foliage densities as a consequence of no irrigation which resulted in increased light penetration to the developing buds.

Table 1 Growth and bud fertility components of rootstocks at Nuriootpa

	Pruning weight kg/vine	Cane number	Cane weight (g)	Primary bud necrosis (%) PBN	Predicted Fruitfulness	Actual Fruitfulness	Harvest pre dawn leaf water potential (MPa)
Irrigated							
Shiraz OR	2.18 b	49 b	44.8 c	60.7	1.62 bc	1.23	-0.74
Ramsey	0.88 a	39 a	23.1 a	55.0	1.40 a	1.30	-0.64
140 Ruggeri	1.18 a	37 a	33.1 b	65.0	1.65 c	1.13	-0.70
Schwarzmann	1.23 a	40 a	32.0 b	62.2	1.47 ab	1.23	-0.81
<i>Rootstock</i>	***	*	**	n.s	**	n.s	n.s
<i>LSD</i>	0.376	5.42	7.65		0.173		
Unirrigated							
Shiraz OR	2.08 b	49 b	42.6 b	60.0	1.83 b	1.07	-1.34
Ramsey	0.97 a	43 a	23.3 a	55.0	1.77 b	1.14	-1.44
140 Ruggeri	1.26 a	44 ab	30.2 a	50.5	1.83 b	1.27	-1.42
Schwarzmann	1.13 a	44 ab	26.6 a	46.2	1.61 a	1.06	-1.50
<i>Rootstock</i>	***	*	**	n.s	**	n.s	n.s
<i>LSD</i>	0.376	5.42	7.65		0.173		
Irrigation							
Irrigated	1.37	41.55 a	33.20	60.7	1.53 a	1.22	-0.73 a
Unirrigated	1.36	45.01 b	30.70	52.9	1.66 b	1.13	-1.49 b
<i>Irrigation</i>	n.s	*	n.s	n.s	*	n.s	***
<i>LSD</i>		2.505			0.123		0.112
<i>Rootstock*</i>	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s	n.s
<i>Irrigation</i>							

Statistical significance of the effects (rootstocks, irrigation, rootstocks*irrigation) and the interactions are given by P<0.05(*), P<0.01(**), P<0.001(***) and not significant (ns). Letters account for statistical differences between the means. Compound buds at node positions 1-4 were dissected and scored on number of Inflorescence primordia (predicted fruitfulness) and % PBN (number of necrotic buds).

Actual fruitfulness was determined through inflorescence counts at the start of the new growing season.

Table 2 Growth and bud fertility components of rootstocks at Adelaide

Adelaide	Pruning weight (kg/vine)	Cane number	Cane weight (g)	Primary bud necrosis (%) PBN	Predicted Fruitfulness	Actual Fruitfulness
Shiraz OR	6.53	74	88.4	36.2 ab	1.64 b	1.30
Ramsey	6.37	67	96.5	42.5 bc	1.30 a	1.17
140 Ruggeri	5.81	64	89.5	51.3 c	1.73 b	1.30
Schwarzmann	4.54	59	76.1	23.8 a	1.55 b	1.15
<i>Rootstock</i>	n.s	n.s	n.s	**	***	n.s
LSD				0.1388	0.18	

Statistical significance of the effects (rootstocks, irrigation, rootstocks*irrigation) and the interactions are given by P<0.05(*), P<0.01(**), P<0.001(***) and not significant (n.s). Letters account for statistical differences between the means. Compound buds at node positions 1-4 were dissected and scored on number of Inflorescence primordia (predicted fruitfulness) and % PBN (number of necrotic buds). Actual fruitfulness was determined through inflorescence counts at the start of the new growing season.

At Nuriootpa, significant correlations were found between root starch concentration and actual fruitfulness. Rootstocks have been shown to influence fruitset when grafted to poor setting varieties and this has been related to increased nutrient uptake (May 2004). Therefore, the correlation between starch in the roots and actual fruitfulness could be similarly attributed to an increase in carbohydrate by the rootstock. Furthermore, the number of inflorescence and the number of flowers on each inflorescence have been shown to be dependent on overwinter root and trunk reserves (Bennett et al. 2005) (Figure 2).

A higher incidence of PBN was recorded at Nuriootpa, on average 60.7 % and 52.9 % for irrigated and unirrigated, respectively, compared with 38.5 % at Adelaide. Significant differences in PBN levels were detected between rootstocks at Adelaide (Table 2). 140 Ruggeri had the highest incidence of PBN whilst Schwarzmann the lowest. No significant differences in PBN were detected between any of the treatments at Nuriootpa. Levels of PBN greater than 20 % have been shown to negatively impact on productivity (Pool 2000). Levels of actual fruitfulness were lower in the treatments at Nuriootpa than at Adelaide. The differences found between predicted and actual fruitfulness could be attributed to the replacement of the fruitful primary shoot with the less fruitful secondary shoots (Dry et al. 2003). Therefore, the rootstocks with both high PBN and a high predicted fruitfulness had, as a consequence, lower actual fruitfulness. Rootstock significantly affected the incidence of PBN at Adelaide which supports the findings of Collins and Rawnsley (2004).

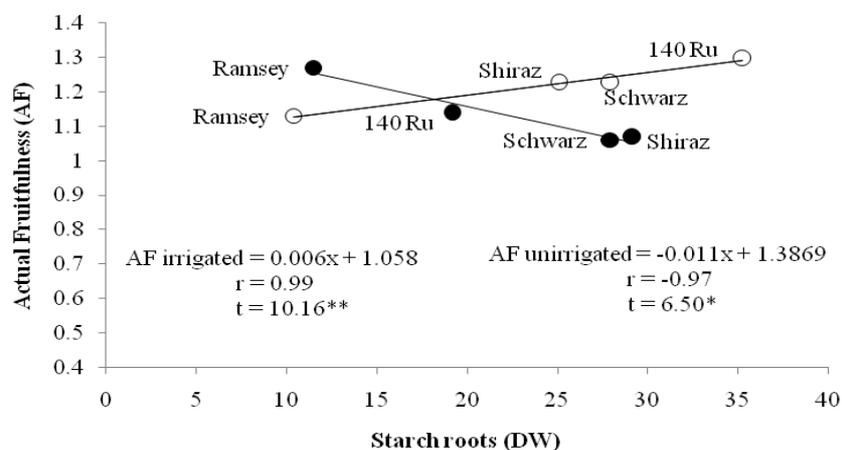


Figure 2. Correlation between starch levels in the roots and actual fruitfulness at Nuriootpa show a significant relationship in both the irrigated (○) and unirrigated (●) treatments.

An increased incidence of PBN has been associated with low concentration of vine carbohydrates (Vasudevan et al. 1998 ab, Bennett et al. 2005). Our results are not in accordance with these findings. Presumably this is due to the fact that levels of starch in the vine at the two sites were above the critical 2% level at which fruitfulness is affected (Bennett et al. 2005). At Adelaide, high concentrations of starch in the roots were associated with a high predicted fruitfulness level and a high incidence of PBN. The rootstock 140 Ruggeri had the highest concentration of starch in the roots which corresponded to a high predicted fruitfulness and incidence of PBN. Conversely, Schwarzmann had lowest incidence of PBN and one of the lowest concentration of starch in the roots. At Nuriootpa, 140 Ruggeri had the highest concentration of starch of the irrigated rootstocks which corresponded to a high predicted fruitfulness and high incidence of PBN. At the unirrigated treatment, Shiraz OR had one of the highest concentration of starch in the roots which corresponded to a high

predicted fruitfulness and high incidence of PBN. Ramsey had the lowest concentration of starch in the roots which corresponded to a lower predicted fruitfulness level and incidence of PBN in the irrigated treatment. Schwarzmann had the lowest incidence of PBN in the unirrigated treatment.

Measures of pre-dawn leaf water potentials showed that rootstocks did not cause any difference in plant water status. However, irrigation treatments had a highly significant influence on pre-dawn leaf water potentials at veraison (data not shown) and harvest: unirrigated vines were highly negative at -0.96 and -1.49 MPa, respectively (Table 1).

A criterion of rootstock drought tolerance, as proposed by Soar et al. (2006), relies on the ability of a rootstock to maintain higher (less negative) leaf water potentials. Using this criterion in the unirrigated treatments at Nuriootpa, Shiraz OR would be deemed the most drought tolerant, based on a less negative harvest leaf water potential, followed by 140 Ruggeri and Ramsey. Despite not significant, Schwarzmann rootstock had the lowest (more negative) leaf water potential. A relation between pruning weight and pre dawn leaf water potential at harvest was observed between the unirrigated rootstocks. Shiraz OR had a higher leaf water potential and the higher pruning weight. Conversely, Schwarzmann had the second lower pruning weight and a more negative leaf water potential. A vines ability to cope with dry conditions is attributed to its ability to grow thick plunging root systems. Furthermore, this would exert an influence on the performance and behaviour of the vine and canopy, as exemplified by pruning and cane weights. There appears to be no significant relationship between rootstock drought tolerance and the ability of the vine to store carbohydrates in the roots, trunks or canes of the vines. The exception to this was starch concentration in the roots of the unirrigated Shiraz, which was the highest of all rootstocks.

Conclusion

The significance of rootstock genotype on carbohydrate concentration, particularly within the main storage organs of the vine, can be seen as a contributing factor to the predisposition of grapevine buds to the incidence of PBN and fruitfulness. Significant differences in carbohydrate concentration were found in the roots and trunks between rootstocks at two different regions within South Australia, Australia. At the two sites, higher starch concentrations were found in the roots, trunk and canes than previously reported. The effect of rootstock genotype on root starch concentrations may have influenced predicted fruitfulness and the incidence of PBN. The high starch concentrations in the roots of 140 Ruggeri and Shiraz OR, corresponded with an increased predicted fruitfulness and incidence of PBN for this rootstock at both sites. Water stress had no significant influence on PBN; however, overall predicted fruitfulness was significantly increased in unirrigated treatments. Vines with a higher water potential - Shiraz OR, Ramsey and 140 Ruggeri - were classified as more drought tolerant than Schwarzmann. These rootstocks also had higher pruning and cane weights possibly indicating a more extensive root system, better adapted to dealing with drought conditions.

Whilst the fundamental causes of PBN remain uncertain, a relationship has been observed for carbohydrate concentration, bud fertility and PBN in Shiraz vines grafted to different rootstock genotypes.

Literature Cited

- Bureau of Meteorology 2010 <http://www.bom.gov.au/climate/averages/tables/>
accessed on 29th August 2010
- Bates, T.R., R.M. Dunst, and P. Joy. 2002. Seasonal dry matter, starch and nutrient distribution in Concord grapevine roots. *HortScience* 37: 313-316.

- Bennett, J., P. Jarvis, G.L. Creasy, and M.C.T. Trought. 2005. Influence of defoliation on overwintering carbohydrate reserves, return bloom, and yield of mature Chardonnay grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 56: 386-393.
- Candolfi-Vasconcelos, M.C., and W. Koblet. 1990. Yield, fruit quality, bud fertility and starch reserves of the wood as a function of leaf removal in *Vitis vinifera* - evidence of compensation and stress recovering. *Vitis*. 29: 199-221.
- Candolfi-Vasconcelos, M.C., M.P. Candolfi, and W. Koblet. 1994. Retranslocation of carbon reserves from the woody storage tissues into the fruit as a response to defoliation stress during the ripening period in *Vitis vinifera* L. *Planta*. 192: 567-573.
- Collins, C., and B. Rawnsley. 2005. Factors influencing primary bud necrosis (PBN) in Australian vineyards. *In* Proceedings for the VIIth International Symposium on Grapevine Physiology and Biotechnology. L.E Williams (eds.) Acta Hort (ISHS) 689: 81-85. Davis, California, USA.
- Collins, C., and B. Rawnsley. 2004. National survey reveals primary bud necrosis is widespread. *The Australian and New Zealand Grape Grower and Winemaker Annual Technical Issue*: 46-49.
- Collins, C., R. Coles, J.G. Conran, and B. Rawnsley. 2006. The progression of primary bud necrosis in the grapevine cv. Shiraz (*Vitis vinifera* L.): a historical analysis. *Vitis*. 45: 57-62.
- Collins, C., and B. Rawnsley. 2008. Effect of gibberellic acid and paclobutrazol on the incidence of primary bud necrosis in cv. Shiraz (*Vitis vinifera* L.). *Am. J. Enol. Vitic.* 59: 83-87.
- Dry, N.S. 2007. *Grapevine rootstocks: selection and management for South Australian vineyards*. Lythrum Press, Adelaide.
- Dry, P.R., and B.G. Coombe. 1994. Primary bud-axis necrosis of grapevines. I. Natural incidence and correlation with vigour. *Vitis* 33: 225-230.

- Dry, P.R., K. Anderson, C. Sepulveda, and M. Leake, M. 2003. Primary bud necrosis: results from bud examinations in winter 2002. The Australian and New Zealand Grape Grower and Winemaker Annual Technical Issue: 25-27.
- Edwards, E.J., A.F. Downie, P.R. Clingeleffer. In Press. A simple microplate assay to quantify non-structural carbohydrates of grapevine tissues. Am. J. Enol. Vitic. 2011
- Holzappel, B., and J.P. Smith. 2007. Carbohydrate reserves at harvest and leaf fall impact on vine productivity in the next season. Bulletin de L'OIV. n. 911-913: 17-29.
- Koblet, W., M.C. Candolfi-Vasconcelos, E. Aeschimenn, and G.S. Howell. 1993. Influence of defoliation, rootstock and training system on Pinot Noir grapevines. Vitic. Enol. Sci. 48: 104-108.
- May, P. 2004. Flowering and Fruitset in grapevines. Lythrum Press, Adelaide.
- McCarthy, M.G., Cirami, R., Furkaliev, J. 1997. Rootstock response to Shiraz to dry and drip irrigated conditions. Austr. J. of Grape and Wine Res. 3: 95-98.
- Petrie, P.R., N.M. Cooley, and P.R. Clingeleffe. 2004. The effect of post veraison water deficit on yield components and maturation of irrigated Shiraz (*Vitis vinifera* L.) in the current and following season. Austr. J. of Grape and Wine Res. 10: 203-215.
- Pool, R. 2000. Assessing and responding to winter cold injury to grapevine buds.
<http://www.nysaes.cornell.edu/hort/faculty/pool/budcoldinjury/Assessingbudcoldinjury.html>.
- Soar, C.J., P.R. Dry, and B.R. Loveys. 2006. Scion photosynthesis and leaf gas exchange in *Vitis vinifera* L. cv. Shiraz: mediation of rootstock effects via xylem sap ABA. Austr. J. of Grape and Wine Res. 12: 82-96.
- Soar, C.J., B.R. Loveys. 2007. The effect of changing patterns in soil moisture availability on grapevine root distribution, and viticultural

- implications for converting full-cover irrigation into a point source irrigation system. *Austr. J of Grape and Wine Res* 13: 2-13.
- Stevens, R.M., J.M. Pech, M.R. Gibberd, R.R. Walker, and P.R. Nicholas. 2010. Reduced irrigation and rootstock effects on vegetative growth, yield and its components, and leaf physiological responses of Shiraz. *Austr. J. of Grape and Wine Res.* 16: 413-425.
- Vasudevan, L., T.K. Wolf, G.G. Welbaum, and M.E. Wisniewski. 1998a. Anatomical developments and effects of artificial shade on bud necrosis of Riesling grapevines. *Am. J. Enol. Vitic.* 49: 429-439.
- Vasudevan, L., T.K. Wolf, G.G. Welbaum, and M.E. Wisniewski. 1998b. Reductions in bud carbohydrates are associated with grapevine bud necrosis. *Vitis.* 37: 189-190.
- Virgona, J.M., J.P. Smith., B.P. Holzapfel. 2003. Scions influence apparent transpiration efficiency of *Vitis vinifera* (cv. Shiraz) rather than rootstocks. *Austr. J of Grape and Wine Res* 9: 183-185.
- Vrsic, S., B. Pulko, and J. Valdhuber. 2009. Influence of defoliation on carbohydrate reserves of young grapevines in the nursery. *Europ. J. of Hortic. Science.* 74: 218-222.
- Weyand, K.M., and H.R. Schultz. 2006. Long-term dynamics of nitrogen and carbohydrate reserves in woody parts of minimally and severely pruned Riesling vines in a cool climate. *Am. J. Enol. Vitic.* 57: 172-182.
- Williams, L.E., D.W. Grimes, and C.J. Phene. 2010. The effects of applied water amounts at various fractions of measured grapevine evapotranspiration (ET_c) on reproductive growth and water productivity of Thompson Seedless grapevines. *Irrig. Sci.* 28: 233-243.
- Winkler, A.J.; Williams, W.O. 1945. Starch and sugars of *Vitis vinifera*. *Plant Physiology.* 20: 412-432.