

Variação intra-anual dos teores foliares de carboidratos e atividade de invertases em videiras no Vale do Rio São Francisco



República Federativa do Brasil

Luiz Inácio Lula da Silva
Presidente

Ministério da Agricultura, Pecuária e do Abastecimento

Roberto Rodrigues
Ministro

Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

Conselho de Administração

Luis Carlos Guedes Pinto
Presidente

Silvio Crestana
Vice-Presidente

Alexandre Kalil Pires
Ernesto Paterniani
Hélio Tollini

Marcelo Barbosa Saintive
Membros

Diretoria Executiva da Embrapa

Silvio Crestana
Diretor-Presidente

José Geraldo Eugênio de França
Kepler Euclides Filho
Tatiana Deane de Abreu Sá
Diretores-Executivos

Embrapa Semi-Árido

Pedro Carlos Gama da Silva
Chefe-Geral

Rebert Coelho Correia
Chefe Adjunto de Administração

Natoniel Franklin de Melo
Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento

Gherman Garcia Leal de Araújo
Chefe Adjunto de Comunicação e Negócio



*Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Semi-Árido
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento*

ISSN 1808-9968

Outubro, 2005

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 70

Variação intra-anual dos teores foliares de carboidratos e ativi- dade de invertases em videiras no Vale do Rio São Francisco

Bárbara França Dantas
Luciana de Sá Ribeiro

Petrolina, PE
2005

Exemplares desta publicação podem ser adquiridos na:

Embrapa Semi-Árido

BR 428, km 152, Zona Rural

Caixa Postal 23

Fone: (87) 3862-1711

Fax: (87) 3862-1744

Home page: www.cpatia.embrapa.br

E-mail: sac@cpatia.embrapa.br

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: Nataniel Franklin de Melo

Secretário-Executivo: Eduardo Assis Menezes

Membros: Luís Henrique Basso

Bárbara França Dantas

Luiz Balbino Morgado

Evandro Vasconcelos Holanda Júnior

Lúcia Helena Piedade Kiill

Gislene Feitosa Brito Gama

Elder Manoel de Moura Rocha

Carlos Antônio Fernandes Santos

Luiza Helena Duenhas

Supervisor editorial: Eduardo Assis Menezes

Revisor de texto: Eduardo Assis Menezes

Normalização bibliográfica: Maristela Ferreira Coelho de Souza/
Gislene Feitosa Brito Gama

Tratamento de ilustrações: Nivaldo Torres dos Santos

Foto(s) da capa: Bárbara França Dantas

Editoração eletrônica: Nivaldo Torres dos Santos

1ª edição

1ª impressão (2005): formato digital

Todos os direitos reservados.

A reprodução não-autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei no 9.610).

Dantas, Bárbara França

Varição intra-anual dos teores foliares de carboidratos e atividade de invertases em videiras no Vale do Rio São Francisco / Bárbara França Dantas, Luciana de Sá Ribeiro .

— Petrolina, PE : Embrapa Semi-Árido, 2005.

24 p. ; 22 cm. — (Embrapa Semi-Árido . Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 70).

1. Uva - Metabolismo - Açúcar . 2. Uva - Vinho - Açúcar . 3. Uva - Vinho - Condição climática - Brasil - Vale do São Francisco . I. Ribeiro, Luciana de Sá . II. Título . III. Série.

CDD 634.8

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	8
Material e Métodos	10
Resultados e Discussão	11
Agradecimentos	20
Referências Bibliográficas	20

Variação intra-anual dos teores foliares de carboidratos e atividade de invertases em videiras no Vale do Rio São Francisco

Barbara França Dantas¹

Luciana de Sá Ribeiro²

Resumo

O pólo de agricultura irrigada do Vale do Rio São Francisco apresenta um crescente aumento na produção de uvas para vinificação. Entre os vinhos finos ali produzidos, destaca-se aquele obtido da cv. Petite Syrah, que se adaptou bem às condições climáticas da região. Pouco se conhece, no entanto, sobre o metabolismo de carboidratos das videiras nessa região. O objetivo deste trabalho foi avaliar os teores de açúcares e de amido, bem como a atividade de invertases, durante dois ciclos de produção consecutivos. O experimento foi realizado na Embrapa Semi-Árido e na Vitivinícola Santa Maria, localizadas, respectivamente, em Petrolina e em Lagoa Grande - PE. Semanalmente, de janeiro a dezembro de 2003, foram coletadas folhas para análise dos teores de açúcares redutores (AR), açúcares solúveis totais (AST) e amido, bem como ensaios de invertases ácida (IA) e neutra (IN). Os resultados indicam que os teores de AR, AST e amido aumentam durante a maturação dos frutos e que estes acompanham as variações da temperatura, radiação e insolação. O ciclo de produção do segundo semestre apresentou maiores teores de AR e AST e menores teores de

¹Eng^a Agr^a, Dr., Fisiologia Vegetal, Embrapa Semi-Árido. BR 428, km 152, CEP 56302-970 Petrolina-PE.
E-mail: barbara@cpatsa.embrapa.br.

²Bióloga, Bolsista FACEPE/CNPq.

amido que o ciclo do primeiro semestre. A atividade de IA foi maior que a de IN e estas também variaram de acordo com as condições climáticas. A fase de maturação de frutos apresentou maiores teores de açúcares e maior atividade de invertases nas folhas, indicando um alto metabolismo e transporte de açúcares durante essa fase.

Palavras-chave: açúcares, metabolismo, uva.

Intra annual variation of foliar carbohydrates content and invertase activity in vines at São Francisco River Valley - Brazil

Abstract

The irrigated agriculture at the São Francisco River Valley, Northeast Brazil, shows an increasing production of grapes for winery. Among the wines produced, the one obtained from *Vitis vinifera* L., cultivar Petite Syrah, stands out due to its adaptation to the climatic conditions of the region. Little is known, however, about carbohydrates metabolism of vines cultivated in this region. The objective of this work was to evaluate sugar and starch contents and the invertase activity in vine leaves during two consecutive growing seasons. The experiment was carried out at Embrapa Tropical Semi-Arid and at a vineyard of Santa Maria Winery, respectively located at Petrolina and Lagoa Grande, Pernambuco State, Brazil. Weekly, from January to December of 2003, leaves were collected and assessed for reducing sugars (AR), total soluble sugars (AST) and starch contents, as well as for acid (IA) and neutral invertases (IN). The results indicate that AR, AST and starch contents increase during fruit maturation and are influenced by temperature, radiation and insolation variations. The second semester season showed higher AR and AST content and lower starch content in leaves than did the first. IA activity was higher than IN activity and these also varied according to weather conditions. During berries ripening leaves had higher sugar content and invertase activity, indicating a higher sugar metabolism and transport during this phase.

Key words: grape, metabolism, sugar.

Introdução

A produção de vinho e derivados no Brasil aumentou de 298 milhões de litros em 1995 para 311 milhões em 1999 (Associação Brasileira de Enologia, 2004). O Estado de Pernambuco tem mostrado um aumento na produção de suco de uva e de mosto de 648 mil litros em 1995 para 7 milhões em 1999 (Embrapa Uva e Vinho, 2004), detendo 20% (5 milhões de litros) do mercado nacional de vinho (O futuro..., 2003). Há uma projeção de produção de 10 milhões de litros de vinhos e espumantes até 2007 (Beling, 2004) e de 25 milhões até 2010, correspondendo a 70% do mercado nacional (Pernambuco..., 2003). Isto se deve a um aumento na área de produção de uvas para vinho nos municípios de Lagoa Grande, Santa Maria da Boa Vista e Petrolina, no Estado de Pernambuco e Casa Nova, no Estado da Bahia, originando o Pólo Vitivinícola do Vale do Rio São Francisco, que tem 700 ha cultivados com uvas para vinho (Miele & Miolo, 2003). Juntamente com o incremento da área cultivada para produção de vinho, cresce também a demanda por pesquisas para se determinar o melhor manejo para videiras para vinho na região semi-árida.

O Pólo Vitivinícola do Vale do Rio São Francisco, localizado entre os paralelos de latitude 9° e 10° Sul, é a principal região produtora de vinho no mundo com um clima semi-árido tropical, classificado como “BSh” de acordo com Köppen. A letra “B” significa um clima com evaporação maior que precipitação; a “S” caracteriza poucas chuvas ou uma condição semi-árida, e a “h” se refere à baixa amplitude de temperatura entre o mês mais quente e o mais frio do ano (Coelho, 1992). Assim, a produção de uvas para vinho nesse clima, em que a temperatura está sempre acima de 12°C e são possíveis até 2,5 colheitas por ano, é completamente diferente de outras regiões produtoras de vinho.

Os tecidos fotossinteticamente ativos (fontes), como folhas maduras, produzem mais carboidratos do que as mesmas necessitam para manterem seu metabolismo e crescimento, exportando os fotoassimilados excedentes, na forma de sacarose, para tecidos fotossinteticamente menos ativos ou inativos (drenos), como folhas jovens, raízes, cachos ou ramos. No entanto, as relações fonte-dreno não são estáticas. Durante o crescimento vegetativo, a maioria dos carboidratos são transportados para as raízes e folhas jovens, enquanto que após o florescimento os carboidratos são direcionados prioritariamente para os frutos, tubérculos e raízes de reserva (Roitsch et al., 2003).

A degradação de sacarose pode ser catalisada por pelo menos duas classes de enzimas. Uma clivagem reversível é catalisada pela sacarose sintase (EC 2.4.1.13); em contraste, as invertases (EC 3.2.1.26) catalisam clivagens irreversíveis da sacarose em glicose e frutose. Entre as enzimas do metabolismo de carboidratos, as invertases compõem um grupo de b-fructosidases, classificadas de acordo com o seu ponto isoelétrico, pH ótimo para atividade (ácido, neutro ou alcalino), solubilidade (solúvel ou insolúvel) e localização celular (Quick, 1996; Nascimento et al., 1998). Assim, as invertases são divididas em três grupos principais:

1. As **invertases extracelulares** são caracterizadas por um pH ótimo ácido, são ligadas ionicamente à parede celular e são responsáveis pelo descarregamento do floema em tecidos em crescimento (Roitsch et al., 2003);
2. As **invertases vacuolares** são solúveis, caracterizadas por um pH ótimo ácido e regulam os níveis de sacarose no vacúolo (Ohyama et al., 1995);
3. As **invertases citosólicas** têm pH ótimo neutro ou alcalino, são solúveis, e atuam na manutenção dos níveis adequados de sacarose no citosol (Richardo & Rees, 1970).

De acordo com Hunter et al. (1994) e Palliotti & Cartechini (2001), os teores das hexoses, glicose e frutose, e da sacarose, bem como a atividade de enzimas do metabolismo de carboidratos em folhas de videiras (*Vitis vinifera* L.), são influenciados por variações sazonais e fenológicas. Tanto a expressão gênica, quanto a atividade das invertases são influenciadas por uma variedade de fatores intra e extracelulares (Tymowska-Lalanne & Kreis, 1998), como estímulos ambientais, estímulos hormonais e fases fenológicas (Roitsch et al., 2000; 2003).

O objetivo deste estudo, portanto, é avaliar a influência da variação sazonal e fenológica no teor de carboidratos e na atividade de invertase nas folhas de *Vitis vinifera* L., cv. Petite Syrah, durante dois ciclos de produção consecutivos no ano de 2003.

Material e Métodos

As análises laboratoriais deste experimento foram realizadas na Embrapa Semi-Árido, Petrolina-PE. A coleta de folhas ocorreu em um vinhedo de 4,13ha, localizado na Fazenda Planaltina, da Empresa Vitivinícola Santa Maria, Lagoa Grande-PE. A cultivar para vinho tinto avaliada foi a cv. Petite Syrah (= Shiraz), de 10 anos de idade e conduzida no sistema de espaldeira, em Latossolo Vermelho-Amarelo, num espaçamento de 1,20m x 3,5m, irrigada por gotejamento. As folhas opostas ao cacho foram coletadas de quatro videiras (quatro repetições), em um delineamento inteiramente casualizado, semanalmente, durante dois ciclos de produção. O 1º ciclo ocorreu de 24/12/2002 até 08/06/2003 e o 2º ciclo dessa data até 03/12/2003. As coletas tiveram início aos 28 e 22 dias após a poda, para os 1º e 2º ciclos, respectivamente. As amostras foram congeladas em freezer a -20°C até a dosagem de açúcares solúveis totais (AST), de açúcares redutores (AR), de amido e ensaio das invertases ácida e neutra (IA e IN, respectivamente).

Para a extração do AR e AST, as folhas foram maceradas em água destilada (H_2O_d) em almofariz e pistilo (1:10, p:v). O extrato foi centrifugado a 2500xg por 10 minutos e o sobrenadante do tubo foi recuperado para dosagem dos açúcares. A dosagem de AR foi realizada pelo método do ácido dinitrosalicílico - DNS (Miller, 1959) e a de AST pelo método da antrona de acordo com a metodologia proposta por Morris (1948) e Yemm & Willis (1954). O precipitado foi utilizado para a extração de amido de acordo com Allen et al. (1977). A dosagem de amido pelo método da antrona (Morris, 1948; Yemm & Willis, 1954).

A extração e o ensaio de invertases ácida (IA) e neutra (IN) foram realizados conforme metodologia proposta por Nascimento et al. (1998) com algumas modificações. Ao final do ensaio, foi quantificado o teor de açúcares redutores (AR) do meio de reação, pelo método do DNS (Miller, 1959). A atividade de IA e IN foi expressa pelo teor de AR, em mmol, produzidos pela hidrólise da sacarose, por minuto, em 1g de folha.

Durante o experimento foram registradas as datas de ocorrência das principais fases fenológicas (Lorenz et al., 1995), bem como dados climáticos da Estação Agrometeorológica localizada no Campo Experimental de Bebedouro (Petrolina-PE 09°09'S, 42°22'W).

Resultados e Discussão

Vários autores observaram que tanto as condições climáticas quanto as fases fenológicas controlam a fotossíntese da videira, influenciando, assim, a produção e transporte de carboidratos (Hunter et al., 1994; Schier et al., 2000; Ferree et al., 2001; Dantas et al., 2003). Além disso, as condições climáticas influenciam também a duração de cada fase fenológica de várias cultivares de videira no Vale do Rio São Francisco (Leão & Silva, 2003).

Os resultados sobre a duração das fases fenológicas da cv. Petite Syrah (Tabela 1) demonstram que o ciclo de produção do segundo semestre de 2003 (2º ciclo) foi de 106 dias desde a poda até a maturidade das bagas, mais longo que o ciclo de produção do primeiro semestre de 2003 (1º ciclo), que foi de 99 dias. Essa diferença na duração dos ciclos ocorre devido à maior temperatura durante a fase de crescimento das videiras (brotação até *véraison*). Por outro lado, a maturação das bagas foi mais rápida no 2º ciclo devido à maior temperatura nesta fase.

Tabela 1. Fases fenológicas de videiras cv. Petite Syrah em dois ciclos de produção. Petrolina-PE, junho de 2005.

1º Ciclo			2º Ciclo		
Data	DAP*	Fases fenológicas	Data	DAP	Fases fenológicas
30/12/2002	6	Brotação de gemas	17/06/2003	9	Brotação de gemas
22/01/2003	29	Plena floração	14/07/2003	36	Plena floração
29/01/2003	36	Frutificação	21/07/2003	43	Frutificação
12/03/2003	78	<i>Véraison</i>	05/09/2003	89	<i>Véraison</i>
02/04/2003	99	Maturidade das bagas	22/09/2003	106	Maturidade das bagas
24/04/2003	121	Colheita	31/10/2003	145	Colheita
08/06/2003	166	Poda	03/12/2003	178	Poda

* DAP = dias após a poda

As temperaturas mínima, média e máxima durante o experimento (Figura 1a) demonstram que, apesar da pequena variação durante o ano, o 1º ciclo (Janeiro-Junho, 2003) iniciou com temperaturas mais altas, que caíram ao final do ciclo. Ao contrário deste, o 2º ciclo (Julho-Dezembro, 2003) iniciou com temperaturas mais baixas e a temperatura mais alta ocorreu no final da safra. Comparando o 1º ciclo com o 2º ciclo, é justamente no *véraison* (ou pintor) que as temperaturas do 2º ciclo superam as do 1º ciclo. Conforme observado na Figura 1b, durante o 2º ciclo os valores de insolação (horas de sol durante o dia) foram maiores que no 1º ciclo, com os valores mais altos durante a maturação dos cachos. O mesmo ocorre com os valores de radiação solar global (intensidade de luz em $\text{cal.cm}^2.\text{s}^{-1}$) nos dois ciclos (Figura 1c).

Os teores de açúcares redutores (AR), atividade de invertase ácida (IA) e atividade de invertase neutra (IN) em folhas de videira Petite Syrah apresentaram correlação positiva com as temperaturas máxima e média, bem como, com a radiação solar global. Por outro lado, o teor de açúcares solúveis totais (AST) correlacionou-se negativamente com a temperatura mínima. As atividades de IA e IN foram altamente correlacionadas com o número de dias após a poda (DAP, Tabela 2), indicando relação direta com as fases fenológicas.

Varição intra-anual dos teores foliares de carboidratos e atividade de invertases em videiras no Vale do Rio São Francisco

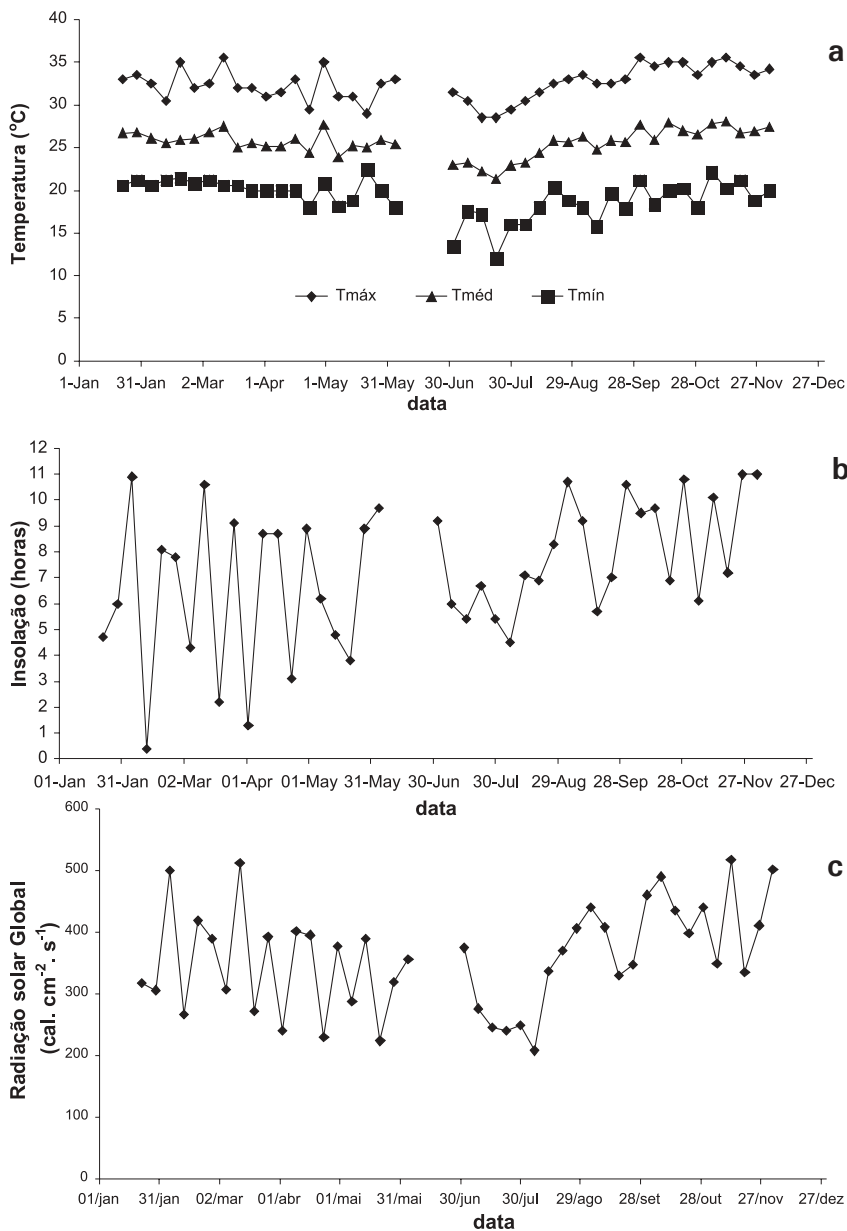


Figura 1. Parâmetros climáticos obtidos na Estação Agrometeorológica de Bebedouro, nos dias de coleta de material para análise, durante dois ciclos produtivos consecutivos entre janeiro e dezembro de 2003. a. Temperaturas máxima (Tmax), mínima (Tmin) e média (Tmed); b. radiação solar global; c. insolação. Petrolina-PE, Junho de 2005.

Tabela 2. Correlação entre teores de açúcares, atividade de invertase em folhas de videiras Petite Syrah e parâmetros fenológicos e climáticos durante dois ciclos produtivos consecutivos entre janeiro e dezembro de 2003. Petrolina-PE, junho de 2005.

	DAP	Tmed	Tmax	Tmin	Insolação	Radiação
IA ¹	0,6852** ²	0,3961**	0,4155**	0,0494 ^{ns}	0,2875 ^{ns}	0,3464*
IN	0,6186**	0,4283**	0,4647**	0,0623 ^{ns}	0,3142*	0,4086**
AR	-0,1563 ^{ns}	0,4728**	0,4791**	0,1957 ^{ns}	0,2434 ^{ns}	0,3295*
AST	-0,4236*	-0,2355 ^{ns}	0,0575 ^{ns}	-0,4552**	0,12641 ^{ns}	-0,0059 ^{ns}
amido	0,2355 ^{ns}	0,0608 ^{ns}	0,0058 ^{ns}	0,1219 ^{ns}	0,0021 ^{ns}	-0,0374 ^{ns}

¹IA- invertase ácida; IN- invertase neutra; AR- açúcares redutores; AST- açúcares solúveis totais; DAP- dias após a poda; Tmed- temperatura média; Tmax- temperatura máxima; Tmin- temperatura mínima.

² Valores de correlação são significativos a 1%, a 5% de probabilidade ou não significativos quando seguidos por **, * ou ^{ns}, respectivamente.

De acordo com Zufferey et al. (2000) e Schier et al. (2000), alta temperatura, alta insolação e alta radiação solar global durante os ciclos produtivos contribuem para uma maior concentração de açúcares nas folhas, devido à alta atividade fotossintética e ao transporte de açúcares mais ativo. Neste trabalho, os altos valores de temperatura média e máxima, bem como altos valores de radiação solar global, principalmente durante o 2º ciclo, induziram atividades mais altas de IA e IN e maior teor de AR nas folhas (Figuras 1 e 2).

Os teores de AR nas folhas das videiras Petite Syrah aumentaram até o *véraison*, 78 DAP para o 1º ciclo e 89 DAP para o 2º ciclo, e após isso decresceram, apresentando padrões semelhantes para os dois ciclos (Figura 2a). De acordo com Takayanagi & Yokotsuka (1997), o alto teor de AR nas fases iniciais do crescimento das bagas se deve à alta taxa de transporte de fotoassimilados necessários à síntese de açúcares estruturais, como celulose, pectina e hemiceluloses. Além disso, há um grande acúmulo de glicose e frutose nas bagas durante a sua maturação. Esses autores ainda afirmam que a diminuição dos AR foliares após as bagas maduras (Figura 2a) ocorre devido à menor demanda por açúcares do cacho.

Antes do *véraison*, durante o crescimento dos frutos, houve um aumento nos teores foliares de AST em ambos os ciclos produtivos. Após essa fase, do *véraison* à colheita, os teores foliares de AST tiveram comportamento oposto nos dois ciclos. No 1º ciclo, os AST foliares tiveram um grande decréscimo até a maturidade dos frutos (99 DAP), aumentando novamente até a colheita (121 DAP) e diminuindo, novamente, durante o período de repouso. Por outro lado, no 2º ciclo, os teores foliares de AST diminuem do início da maturação até a poda aos 178 DAP (Figura 2b). Hunter et al. (1994) verificaram que o teor de glicose e frutose (AR) se intensificam tanto em folhas basais como apicais de videiras 'Müller-Thurgau' (Riesling x Silvaner) durante a maturação dos frutos e diminuem ao final do ciclo produtivo, corroborando com os resultados deste trabalho. Os AST são constituídos por todos os açúcares solúveis presentes nas folhas. Entre eles, a sacarose ocorre em maior quantidade. De acordo com Hunter et al. (1994), os teores de sacarose têm comportamento inverso quando comparado ao dos AR, concordando com os resultados obtidos para o 1º ciclo deste trabalho. O teor de amido nas folhas de Petite Syrah é muito baixo no pegamento dos frutos (2mg g⁻¹ de matéria fresca foliar) e aumenta até 8 vezes durante o crescimento dos mesmos (Figura 2c). Durante a maturação dos frutos, devido a um grande transporte de açúcares das folhas para as bagas, diminui o acúmulo de açúcares nas folhas sob a forma de amido. O mesmo ocorre durante as fases de crescimento intenso dos ramos. Por outro lado, em fases em que não há grande transporte de açúcares das fontes (folhas fotossintetizantes) para os drenos (ramos e folhas em crescimento e frutos em maturação), o amido tende a acumular nas folhas, regulando a atividade fotossintética (Pimentel, 1998). Dessa forma, os AR e AST foliares tendem a ter comportamento contrário ao teor foliar de amido. Comparando-se os ciclos produtivos, os teores de AR e de AST em folhas de Petite Syrah foram menores e o teor de amido foi maior ou superior no 1º ciclo em relação ao 2º ciclo (Figura 2). De acordo com Schier et al. (2000), a temperatura influencia nos transportadores do floema, tanto simplásticos como apoplásticos. Durante o 2º ciclo deste trabalho, em que registrou-se alta temperatura, houve, provavelmente, a indução de alta atividade dos transportadores do floema, provocando menor acúmulo de amido nas folhas.

Variação intra-anual dos teores foliares de carboidratos e atividade de invertases em videiras no Vale do Rio São Francisco

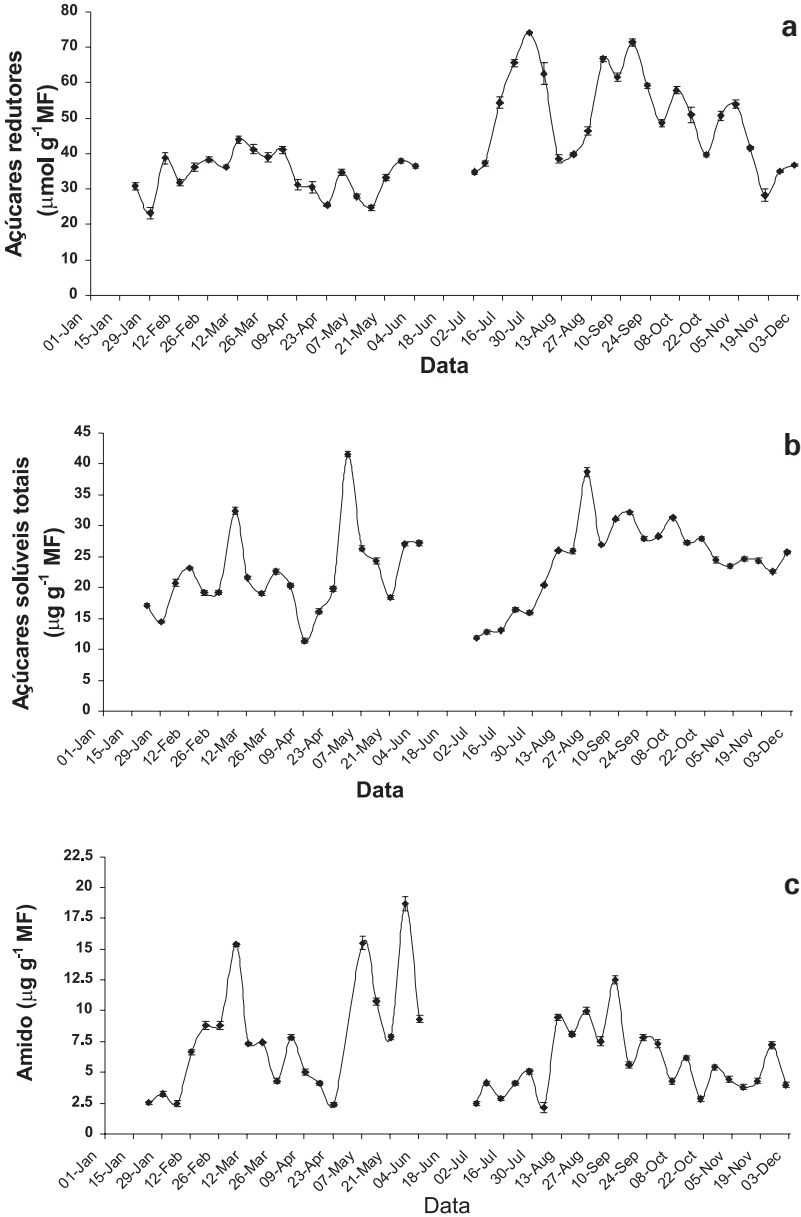


Figura 2. Teores de (a) açúcares redutores- AR; (b) açúcares solúveis totais- AST e (c) amido em folhas de videiras Petite Syrah durante dois ciclos produtivos consecutivos entre janeiro e dezembro de 2003. Barras verticais correspondem ao erro padrão da média. Petrolina-PE, junho de 2005.

Pode-se observar, nas Figuras 2b e 2c, que houve um aumento nos teores de AST e de amido, em 07/maio/ 2003, após a colheita do 1º ciclo. Apesar de não haver correlação dos teores foliares de AST e amido com as temperaturas média e máxima, insolação e radiação nas datas das coletas, o aumento nos teores foliares pode ter ocorrido devido a altas temperaturas ocorridas em períodos anteriores à data de coleta (Figura 1a), ou à temperatura média do período que antecedeu a coleta das folhas para análise.

As atividades de invertase ácida (IA) e de invertase neutra (IN) apresentaram padrões semelhantes para cada ciclo produtivo. No 1º ciclo, o aumento da atividade das invertases ocorre durante o crescimento das bagas e durante a maturação das mesmas, as folhas mantêm alta atividade de IA e IN que, ao final do 1º ciclo, decresce na maturação completa (teor de sólidos solúveis aproximadamente 17°Brix), mantendo-se num patamar até a poda. No 2º ciclo, a atividade dessas enzimas aumenta até a poda, conforme o aumento da temperatura. Há, no entanto, picos de atividade durante a fase de maturação das bagas (Figura 3).

Pimentel (1998) afirma que as atividades de IA e de IN são maiores em tecidos-dreno, como meristemas, folhas jovens e frutos em maturação. Esse autor afirma, ainda, que quando a taxa de crescimento dos frutos é máxima, estes são drenos preferenciais e recebem grande quantidade de sacarose produzida em folhas fotossintetizantes e hidrolisada pelas invertases. Portanto, as folhas apresentariam baixa atividade de invertases, consumindo pouca sacarose. No entanto, Foyler et al. (1997) alegam que a atividade de invertases nas folhas tem um importante papel no metabolismo de carboidratos em células de órgãos drenos, regulando o teor de sacarose no citosol, amplificando a informação sobre o "status" de carbono na planta, bem como regulando a via de transporte de sacarose, se apoplástica ou simplástica.

Variação intra-anual dos teores foliares de carboidratos e atividade de invertases em videiras no Vale do Rio São Francisco

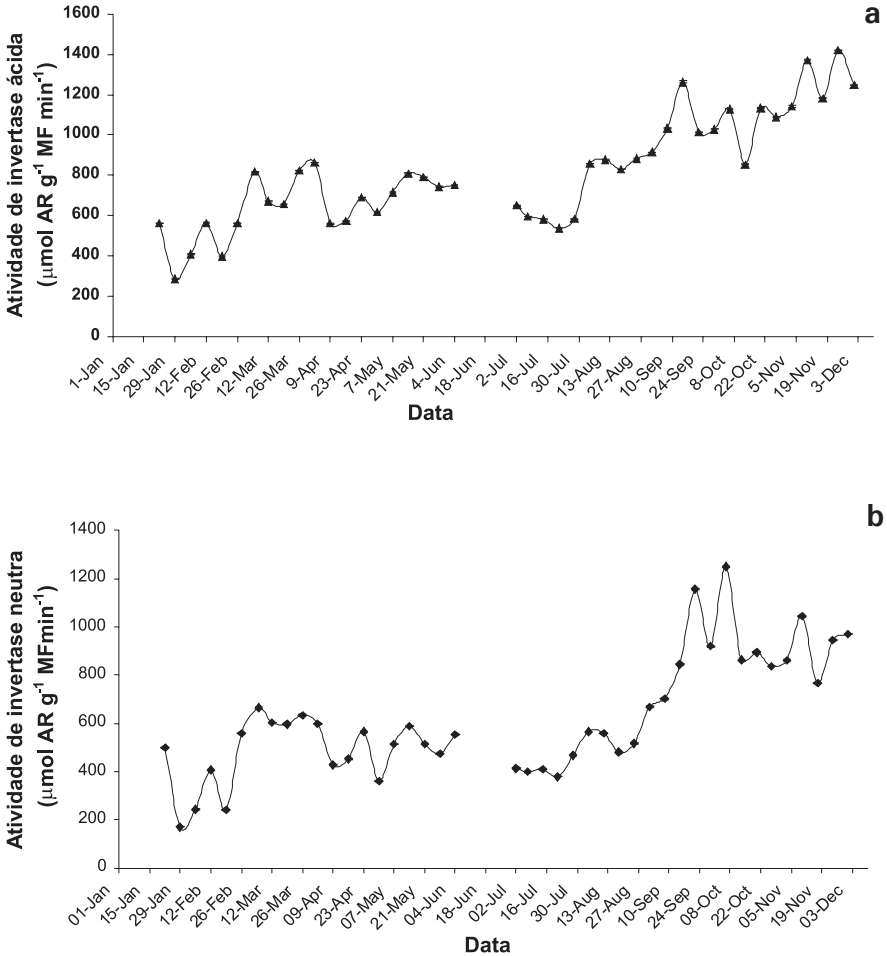


Figura 3. Atividade de (a) invertase ácida- IA e (b) invertase neutra- IN em folhas de videiras Petite Syrah durante dois ciclos produtivos consecutivos entre janeiro e dezembro de 2003. Petrolina-PE, junho de 2005.

Hunter et al. (1994) observaram alta atividade de invertase em folhas de videiras Müller-Thurgau (Riesling x Silvaner) antes do início da maturação e decréscimo na atividade após o *véraison*, confirmando os resultados obtidos para folhas de videiras Petite Syrah neste trabalho. Durante o 2º ciclo, entretanto, as atividades de IA e de IN aumentaram, possivelmente em resposta às altas temperaturas, radiação e insolação. De acordo com Ferree et al. (2001), variações na intensidade de luz podem afetar a fotossíntese, transpiração e peso específico das folhas em videiras Vidal Blanc e Chamborcin, podendo, dessa forma, afetar o teor de açúcar e a síntese e atividade de enzimas sucrolíticas nas folhas das videiras.

Neste experimento, foi demonstrado que a IA (Figura 3a) é mais ativa que a IN (Figura 3b) em todas as datas avaliadas. No entanto, a classes das invertases ácidas se divide em dois grupos - IA vacuolar e IA ligada à parede celular, conforme mencionado anteriormente (Ohyama et al., 1995; Roitsch et al., 2003). Dantas et al. (2003) sugerem que a invertase ácida ligada à parede celular (IAPC) é menos ativa que a invertase ácida vacuolar (IAV) nas folhas de Petite Syrah e de Moscato Canelli e também sugerem que as duas IAs têm diferentes respostas ao manejo da videira e às variações sazonais. Não existe, no entanto, uma correlação simples entre os fatores de manejo e do clima e o metabolismo de carboidratos, e nem entre teores foliares de açúcares e atividade de invertase (Kingston-Smith et al., 1998).

Devido a uma certa dificuldade de se obter, em experimentos em campo, condições controladas no que se refere ao metabolismo vegetal, existe pouca quantidade de trabalhos decréscimo o metabolismo da videira (Hunter et al., 1994; Ferree et al., 2001). Além disso, esses poucos trabalhos encontrados na literatura foram realizados em regiões tradicionais de cultivo de videiras para vinho, com clima subtropical e temperado, e não podem ser totalmente aplicados à condição tropical semi-árida do Vale do Rio São Francisco, no nordeste do Brasil.

Com base nos resultados apresentados, pode-se concluir que o acúmulo de açúcares (AR e AST) e de amido, bem como as atividades de invertase ácida e de invertase neutra - alguns aspectos importantes do metabolismo de carboidratos - em folhas de videiras para vinho Petite Syrah cultivadas na região do Vale do Rio São Francisco, são modificados de acordo com a fenologia, bem como, com as condições climáticas nas quais a videira se desenvolve.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Banco do Nordeste pelo suporte financeiro para o estudo de metabolismo de carboidratos no Vale do Rio São Francisco; à Fundação de Apoio à Pesquisa e Agronegócio Brasileiro (FAGRO), pelo gerenciamento dos recursos e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) pelas bolsas concedidas.

Referências Bibliográficas

ALLEN, S. E.; GRIMSHAW, H. M.; PARKINSON, J. A.; QUARMBY, C. Chemical analysis of ecological materials. Oxford: Blackwell Scientific, 1977. 127 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ENOLOGIA. Dados estatísticos: produção de vinhos e derivados 1985-1999. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/enologia>>. Acesso em: 10 jul. 2004.

BELING, R. R. (Ed.) Anuário brasileiro da uva e do vinho 2004. Santa Cruz do Sul: Gazeta Santa Cruz, 2004. 136 p.

COELHO, M. A. Geografia do Brasil. 3.ed. São Paulo: Moderna, 1992. p.6-78.

DANTAS, B. F.; RIBEIRO, L. S.; SILVA, A. P.; RIBEIRO, R. A. M.; LUZ, S. R. S. Atividade de invertases em folhas de videiras 'Petite Syrah' e 'Moscato Canelli' durante o período de formação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE VITICULTURA E ENOLOGIA, 10. ; SEMINÁRIO CYTED : INFLUÊNCIA DE TECNOLOGIA VITÍCOLA E VINÍCOLA NA COR DOS VINHOS, 2003, Bento Gonçalves. *Anais...* Bento Gonçalves : Embrapa Uva e Vinho, 2003. p.179. (Embrapa Uva e Vinho. Documentos, 40).

EMBRAPA UVA E VINHO. Dados da vitivinicultura: produção de vinhos e mosto nos estados. Disponível em: <<http://www.cnpuv.embrapa.br>>. Acesso em: 12 jun. 2004.

FERREE, D. C.; MCARTNEY, S. J.; SCURLOCK, D. M. Influence of irradiance and period of exposure on fruit set of French-American hybrid grapes. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, Mount Vernon, v.126, n.3, p. 283-290, 2001.

FOYLER, C.; KINGSTON-SMITH, A.; POLLOCK, C. Sucrose and invertase, an uneasy alliance. Iger Innovations. 1997. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/enologia>> . Acesso em: 10 out. 2003.

HUNTER, J.J.; SKRIVAN, R.; RUFFNER, H.P. Diurnal and seasonal changes in leaves of *Vitis vinifera* L: CO₂ assimilation rates, sugar levels and sucrolitic enzyme activity. *Vitis*, Siebeldinger , v. 33, p. 189-195, 1994.

KINGSTON-SMITH, A. H.; GALTIER, N.; POLLOCK, C. J.; FOYER, C. H. Soluble acid invertase of species differeces in carbohydrates, diurnal sugar profiles and paths of phloem loading. **New Phytologist**, Oxford , v. 2, n. 139, p.283-292, 1998.

LEÃO, P. C. de S.; SILVA, E. E. G. da. Caracterização fenológica e requerimentos térmicos de variedades de uvas sem sementes no Vale do São Francisco. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v.25, n.3, p.379-382, 2003.

LORENZ, D. H.; EICHHORN, K. W.; BLEIHOLDER, H.; KLOSE, R.; MEIER, U.; WEBER, E. Phenological growth stages of the grapevine (*Vitis vinifera* L. ssp. *vinifera*)- codes and description according to BBCH scale. **Australian Journal of Grape and Wine Research**, v. 1, p. 100-110, 1995.

MIELE, A. ; MIOLO, A. **O sabor do vinho**. Bento Gonçalves: Vinícola Miolo: Embrapa Uva e Vinho, 2003. 136 p.

MILLER, G. L. Use of dinitrosalicylis acid reagent for determination of reducing sugars. **Analytical Chemistry**, Washington, v. 31, p. 426-428, 1959.

MORRIS, D. L. Quantitative determination of carbohydrates with Drywood ´s anthrone reagent. **Science**, Washington, v. 107, p. 254-255, 1948.

NASCIMENTO, R.; MOSQUIM, P. R.; ARAÚJO, E. F.; SANTANNA, R. Distribuição de amido, açúcares solúveis e atividades de invertases em explantes de soja sob várias concentrações de sacarose e diferentes fontes de nitrogênio. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Londrina, v. 10, n. 2, p. 125-130, 1998.

O FUTURO dos vinhos do Vale do São Francisco. **Item**, Brasília, n. 59, p. 21-23, 2003.

OHYAMA, A.; ITO, H.; SATO, T.; NISHIMURA, S.; IMAI, T.; HIRAI, M. Supression of acidic invertase activity by antisense RNA modifies the sugar composition of tomato fruit. **Plant and Cell Physiology**, Tokyo, v. 36, p. 369-376, 1995.

PALLIOTTI, A.; CARTECHINI, A. Developmental changes in gas exchange activity in flowers, berries and tendrils of field-grown Cabernet Sauvignon. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 54, n. 4, p. 317-323, 2001.

PERNAMBUCO: Safras de excelente negócios o ano inteiro. Recife: Agencia de Desenvolvimento Econômico de Pernambuco-AD/DIPER, 2003. Folder.

PIMENTEL, C. Metabolismo de carbono na agricultura tropical. Seropédica: Edur, 1998. 150 p.

QUICK, W. P. Sucrose metabolism in sources and sinks. In: ZAMSKI, E.; SCHAFFER, A.A. (Ed.) . **Photoassimilate distribution in plants**. Ney York: M. Decker, 1996. p. 115-156.

RICHARDO, C. P. P.; REES, T. Invertase activity during development of carrot roots. **Phytochemistry**, Elmsford, v. 9, p. 239-247 , 1970

ROITSCH, T.; BALIBREA, M. E.; HOFMANN, M.; PROELS, R.; SINHA, A. K. Extracellular invertases: metabolic enzyme and metabolic protein. **Journal of Experimental Botany**, London , v. 54, n. 382, p. 513-524, 2003.

ROITSCH, T.; EHNEB, R.; GOETZ, M.; HOUSE, B.; HOFMANN, M.; SINHA, A. K. Regulation and function of extracellular invertase from higher plants in relation to assimilate partitioning, stress response and sugar signalling. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v. 27, p. 815-825, 2000.

SCHIER, A. A.; HOFFMANN-THOMA, G.; VAN BEL, A. J. E. Temperature effects on symplasmic and apoplasmic phloem loading and loading-associated carbohydrate processing. **Australian Journal of Plant Physiology**, Victoria, v. 27, p. 769-778, 2000.

TAKAYANAGI, T. ; YOKOTSUKA, K. Relationship between sucrose accumulation and sucrose-metabolizing enzymes in developing grapes. **American Journal of Enology and Viticulture**, Davis, v. 48, n. 4, p. 403-407, 1997.

TYMOWSKA-LALANNE, Z.; KREIS, M. The plant invertases: physiology, biochemistry and molecular biology. **Advances in Botanical Research**, New York, v. 28, p. 71-117, 1998.

YEMM, E. W.; WILLIS, A. J. The estimation of carbohydrates in plant extracts by anthrone. **Biochemical Journal**, Colchester. v. 57, p. 508-514, 1954.

ZUFFEREY, V.; MURISIER, F.; SCHULTZ, H. R. A model of the photosynthetic response of *Vitis vinifera* L. cvs Riesling and Chasselas leaves in the field: I. Interaction of age, light and temperature. **Vitis**, Siebeldinger, v. 39, n. 1, p. 19-26, 2000.

Embrapa

Semi-Árido

Ministério da Agricultura,
Pecuária e Abastecimento

