

ASMA ÖZSUYU AKIŞ HIZI VE MİKTARININ BELİRLENMESİNDE KULLANILAN BİR YÖNTEM: SAP FLOW METER / GRANİER YÖNTEMİ

Turcan TEKER¹, Ahmet ALTINDİŞLİ², Akay ÜNAL¹

¹Zir. Yük. Müh., Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, MANİSA

²Prof. Dr., Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, İZMİR

Geliş tarihi / Received: 11.09.2017, Kabul tarihi / Accepted: 20.06.2018

ÖZET

Bağcılıkta sulamanın asma verimi, tane kalitesi ve fizyolojisine etkilerini gösteren çalışmalar mevcuttur. Vejetasyon döneminde asmanın su kapsamı, üzerinde bırakılan yük, yaprak alma uygulamaları ve stres faktörlerinin yanında ekstrem sıcaklık, yağış gibi iklimsel olaylara bağlı olarak değişebilmektedir. Yapılan çalışmalar bitki su kapsamının belirlenmesinde değişik yöntemlerin kullanıldığını göstermektedir. Çalışmaların büyük bir kısmı yaprak ve gövde su potansiyeli ölçümleri ile ilgili olmasının yanında bitkilerin yeşil–odunsu sürgünlerinde ve meyve ağacı–asma gövdesinden geçen su miktarını saptamaya yönelik ölçümlerin yapıldığı bilimsel çalışmaların yapıldığı bilinmektedir. Bu ölçümler içerisinde “bitki özsu akış ölçümü (sap flow meter)” bitki sürgün ve gövdesinde anlık meydana gelen su akış miktarı ve hızının belirlenmesinde kullanılan yöntemlerden biridir. Ülkemizde bağcılık alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde ise bitki özsu akış ölçüm yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalara rastlanılmamaktadır. Bu derlemede topraktan kökler ile absorbe edilen sulama suyunun taç bölgesine iletilmesi sürecinde asma gövdesinden geçiş miktarı ve hızının belirlemede kullanılan sap flow yöntemlerinden biri olan ısı dağılım (heat dissipation–Granier) yöntemi irdelenmiştir. Sistem 2016 yılında Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü araştırma parselinde asma üzerinde bırakılan farklı ürün yükleri ve yaprak alma uygulamalarının asma fizyolojisi ve üzüm kalitesine olan etkilerinin incelendiği bir çalışmada kullanılmış, bu derlemede ise sistemin prensibi, sistemin asmalara montajı hakkında bilgiler yer almıştır.

Anahtar Kelimeler: Çekirdeksiz kuru üzüm, asma fizyolojisi, özsu akış, sensör

A METHOD USED IN THE DETERMINATION OF GRAPEVINE SAP FLOW VELOCITY AND QUANTITY: HEAT DISSIPATION / GRANIER METHOD

ABSTRACT

In viticulture, there are studies about effects of irrigation on vine yield, berry quality and vine physiology. In vegetation period, vine water capacity may change depending on stress factors as the crop load quantity on vine, leaf removal applications also climatic conditions as extreme temperatures and precipitation. Studies show that different methods are used to determine the plant water content. It is known that, a large part of the studies are linked to leaf and stem water potential measurements as well as scientific studies have been carried out to measure the amount of water passing through the sap, green and woody shoots of the plants. Among these measurements, "sap flow meter" is one of the methods used to determine the flow rate and velocity in the plant shoot and stem. When studies are examined, using sap flow measurement methods are not encountered in viticulture research in our country. In this review, heat dissipation (Granier) method, one of the sap flow methods used to determine the water amount and velocity of passing through the vine stem was investigated during the transmission of water which was absorbed by the roots. The system used during a project in Manisa Viticulture Research Institute in 2016. In this review, there are information about the principle of the system, installation of system on grapevines.

Keywords: Raisin, grapevine physiology, sap flow, sensor

GİRİŞ

Son yıllarda tarımsal ürünlerin sulama programlarının planlanması ve bitkilerin anlık su kapsamının hesaplanması önemli çalışma

alanlarından birini oluşturmaktadır. Diğer tarım ürünlerinin yanında asmaların (*Vitis vinifera* L.) yetiştirilmesinde de tercih edilecek sulama yönteminin doğru tercih edilmesi ve zamanında yapılması asmanın mevcut su

kapsamının belirlenmesi ile mümkün olabilmektedir. Araştırmalarda, bitkilerin su kapsamının hesaplanması sırasında iklim, topraktaki nem durumu, bitkinin güneşlenme miktarı, rüzgâr, bitki üzerinde bulunan ürün miktarı vb. gibi birçok faktör elde edilen değerleri etkilemektedir [23]. Aynı zamanda bitkilerin su kapsamının belirlenmesinde birçok yöntem bulunmaktadır. Bunların arasında araştırma konusu olan bitkinin şafak öncesi ve gün ortası yaprak / gövde su potansiyeli değerleri [23], net fotosentez miktarı ve stoma iletkenliği değerlerinin belirlenmesi [18] sonucunda elde edilen değerler ile topraktan alınan ve bitkide meydana gelen terleme sonucunda atmosfere salınan su miktarları arasında ilişki kurulabilmektedir.

Bitki su kapsamının terleme ile ilişkilendirilmesinde “Bitki Özsuyu Akış Ölçümleri (sap flow meter)’nden de yararlanılmaktadır. Bitki özsuyu akışı ölçümleri, bitkinin anlık su tüketiminin hesaplanması için yaygın olarak kullanılmaktadır. Sistem uzun ölçümler kapsamında elde edilen verilerin yeterince güvenilir olmasının yanında bitkilere montajının kolay olması yönüyle de araştırmacılar tarafından tercih edilmektedir. Fakat günümüzde çoğu bitki türünde bu yöntemin diğer sistemlerle karşılaştırılması yapılarak elde edilen verilerin doğruluğu üzerine çalışmalar yapılmaktadır. Bunlara örnek olarak; elma [16], asma [5], limon [17] ve erik [13] bitki türleri verilebilir [7].

Ülkemizde bağcılık alanında yapılan çalışmalar incelendiğinde bitki özsuyu akış ölçüm yöntemlerinin kullanıldığı çalışmalara rastlanılmamaktadır. Bu derlemede topraktan kökler ile absorbe edilen sulama suyunun taç bölgesine iletilmesi sürecinde asma gövdesinden geçiş miktarı ve hızının belirlemede kullanılan sap flow yöntemlerinden biri olan ısı yayılım (heat dissipation–Granier) yöntemi irdelenmiş ve sistemin asmalara montajı hakkında bilgiler verilmiştir.

Bitki özsuyu akış ölçümleri (sap flow meter)

Bitki özsuyu akış ölçüm metodu bitkilerin su kapsamının belirlenmesinde diğer ölçüm yöntemlerine göre bazı avantajlara sahiptir.

Kullanılan bu metot özellikle odunsu yapıya sahip (bir veya daha fazla yaşlı dallar) ya da bitki gövdesine montajı sonucunda ksilem iletim demetlerinde meydana gelen su akışı miktarını ölçebilmektedir. Özellikle bitki gövdesinde gerçekleşen ölçümler sayesinde tüm bir bitkinin topraktan alınan su miktarının hesaplanmasında kullanılan bir yöntemdir [19]. Son yıllarda değişik hesaplama yöntemlerinin tercih edilmesi ve bu sistemlerin araştırmalarda kullanılmak üzere geliştirilmesi ile birlikte bitki özsuyu akış ölçümleri artarak daha popüler duruma gelmiştir [5]. Sistem aynı zamanda bitkilerin sadece odunsu kısımlarında değil yeşil sürgünlerinden de geçen su miktarının hesaplamasında kullanılan bir yöntemdir [19]. Bitkinin terleme ile yapraklarından atmosfere verilen su miktarının bilinmesi ile sürgünlerde mevcut su kapsamı arasındaki farkın hesaplanabilir olması yönüyle son yıllarda yapılan çalışmalarda tercih edilen bir yöntem olmuştur.

Araştırmalarda bitkilerin terleme miktarının belirlenmesinde stoma iletkenliği ölçümlerinden de yararlanılmakta fakat bu durumun yoğun iş kullanımına ve zayıf ölçüm sonuçları vermesine karşın [4], sap flow ölçümlerinin özellikle de bitki su kullanımının sürekli kayıt alınması yönüyle ölçüm yapılan bitkinin dal, sürgün ve gövde su kapsamını belirlemede ve buna göre bitkilerin terleme miktarı hakkında güvenilir sonuçlar sağladığı ifade edilmektedir.

Bitki özsuyu akış ölçüm yöntemleri agronomi, bahçe bitkileri, ormancılık, ve ekoloji çalışmalarında sıklıkla kullanılan uygulamaları içinde barındırmaktadır. Tarımsal arazilerde [20], değişik meyve bahçelerinde [3], orman arazilerinde ve doğal bitki örtüsünün olduğu alanlarda [11] sulama konularında yararlanılmaktadır [19].

Asma özsuyu akış miktarının hesaplamasında kullanılan sap flow ölçüm yöntemleri

Yapılan çalışmalar bitki özsuyu akış ölçümlerinde değişik ölçüm yöntemlerinin kullanıldığını göstermektedir [6, 15, 19, 21]. Sap flow ölçüm yöntemlerinin seçiminde göz önünde bulundurulması gereken bazı unsurlar bulunmaktadır. Bunların içerisinde özellikle üzerinde ölçüm yapılacak olan asmanın yaşı, gövde kalınlığı, yeşil ve odunsu sürgün

kalınlıklarına ait çap değerleri, asma gövdesinde odun doku hastalıklarının varlığı vb. gibi faktörler sıralanabilir. Özellikle de sürgün ve gövdeye ait kalınlık değerleri kullanılacak yöntemin seçiminde ve sonrasında yapılacak olan hesaplama sonuçlarına etki ettiği ifade edilmektedir [2]. Asmaların değişik organlarında (bir yaşlı ve yaşlı kollar, yeşil ve odunsu sürgün, gövde) bitki özsuu akış ölçümlerinin hesaplanmasında kullanılan yöntemler içerisinde “Isı Denge (Stem Heat Balance Method)”, Isı Nabız-Sinyal (Heat Pulse Method)” ve “Isı Yayılım (Heat Dissipation Method)” yöntemleri yer almaktadır.

Isı yayılım yöntemi (heat dissipation method)

Bitki özsuu akış ölçümlerinin hesaplanmasında yararlanılan yöntemlerden biri olan “Isı Yayılım Yöntemi (IYY)” Vieweg ve Ziegler [22] tarafından geliştirilmiş, ilerleyen süreçte Ittner [14], Balek ve Pavlik [1]’in konu üzerinde bağımsız olarak çalışmaları yaptığı bildirilmektedir [6]. Fakat günümüzde IYY yöntemiyle yapılan çalışmalarda kullanılan metot ise Granier [9]’in yapmış olduğu deneysel çalışmalara bağlı olarak geliştirdiği bir yöntem [19] sonucunda elde edilen veriler ve hesaplamaların daha güvenilir olduğu belirlenmiş ve sonuçların değerlendirilmesinde bu yöntem benimsenmiştir. Granier [9, 10] bitki gövdesinin üzerine radyal olarak aralarında 100–150 mm mesafe olacak şekilde üst ve alt tarafta yer almak üzere 2 mm kalınlığında ve 20 mm uzunluğunda iki sensör ile ölçüm gerçekleştirmiştir (Şekil 1). Silindirik yapıda olan bu iki sensörün çalışma prensibi değerlendirildiğinde, üst tarafta yer alan sensörün ısınan, alt tarafta yer alan sensörün ise sabit o andaki gövde sıcaklığı ölçümünü kayıt aldığı bilinmektedir. Elde edilen her iki sensör arasında oluşan sıcaklık farklarından (ΔT) yararlanarak sensör etrafında meydana gelen bitki özsuu akışının hesaplanabildiğini [15], akış hızı arttıkça ısının daha fazla yayılması sonucu ΔT ’nin düştüğü bildirilmektedir [19]. Granier [9], bitki türlerine ait sap flow hızı ve ölçülen sıcaklık farklılıklarını hesaplamada bazı eşitlikler geliştirmiş ve verilerin hesaplanmasında bu eşitliklerden yararlanmıştır.

$$U = 119 \times 10^{-6} \text{ K } 1.231 (\text{m}^3\text{m}^{-2}\text{s}^{-1})$$

U: Akış yoğunluğu

K: $(\Delta T_{\text{max}} - \Delta T) \times \Delta T^{-1}$ (ölçsüz)

ΔT_{max} : Akışın olmadığı durumlarda sıcaklık farkları

ΔT : Ölçülen sıcaklık farkları

Bütün bir alanın kütesel olarak akış miktarını hesaplamak için, akış yoğunluğu (U) üst tarafta yer alan ısınan sensör etrafında bulunan bölgenin tüm alanı bilinmelidir [6]. Bu nedenden dolayı sensörlerin asma üzerine yerleştirmeden önce ve sonrasında gövdeye ait çap genişlikleri kullanılmaktadır. Tüm alanın hesaplanması ancak sensör giriş yerlerinin dışında kalan kısımlarının (cross-section) bilinmesiyle hesaplanabilmektedir. Bu nedenle toplam sap flow alanının belirlenmesi gerekmekte olup hesaplama aşağıda gösterildiği gibi yapılmaktadır.

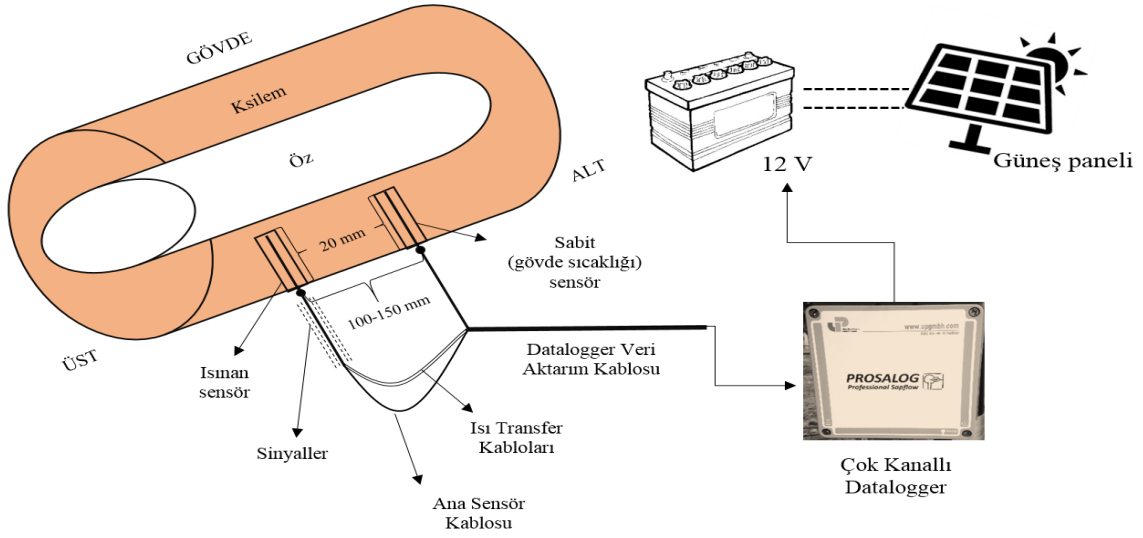
$$F = U \times SA$$

F: Toplam sap flow (m^3/s)

SA: Çap alanı (cm^{-2})

Sap flow meter sisteminin asmalara montajı

Asmaların gövdesine yerleştirilecek sistem iki adet sensör, bir adet datalogger ve güneş panelinden oluşmaktadır (Şekil 1). Sistemin asmalara montajında ilk aşamada kullanılacak her iki sensörün dikkatli bir şekilde gövde üzerine yerleştirilmesi önemlidir. Asma gövdesi üzerinde yerleştirme alanı taç alanın yaklaşık 25–30 cm aşağı tarafta yer almasına, sensörlerin yerleştirilmesi sırasında her ikisinin aralarında 100–150 mm mesafe bulundurulmalıdır (Şekil 2a). Sensörler asma gövdesine yerleştirilirken 2 mm çapında ve 20 mm derinliğinde sensörleri yerleştirme yuvaları açılması gerekmekte olup (Şekil 2b ve 2c), açılan yerleştirme yuvalarına alüminyum tüpler monte edildikten sonra tüpler içerisine jel işlemi uygulanmaktadır. Bu işlemin uygulanmasının nedeni sensörlerin alüminyum tüplerin içerisine yerleştirilmesi esnasında meydana gelebilecek bir zararlanmanın önüne geçilmesi için yapılmaktadır. Sensörlerin tüpler içerisine montajı ile birinci aşama tamamlanmaktadır (Şekil 2d). Üst tarafta yer alacak sensörün mutlaka ısınan özellikte, alt tarafa yer alanın ise sabit ısı (normal) sensörün olmasına mutlaka dikkat edilmelidir (Şekil 2e).



Şekil 1. Sap flow meter sisteminin şematik gösterimi (şematize: T. Teker)
Figure 1. Schematic representation of sap flow meter system



Şekil 2. Sap flow meter sisteminin asma üzerine montaj işlemi (sensörlerin yerleştirme yuvalarının açılması (a), alüminyum tüplerinin yerleştirilmesi (b), tüplerin montaj işleminin tamamlanması (c), alüminyum tüplerinin içerisine silika jelin doldurulması (d), tüm sensörlerin yerleştirme işleminin tamamlanması (e))
Figure 2. Installation of sap flow meter system on grapevine (opening of the installation holes of sensors (a), placement of aluminum tubes (b), completion of installation of tubes (c), filling aluminum tubes with silica gel (d) completion of installation of all sensors (e))

Asma gövdesine yerleştirilen sensörlerin montajı tamamlandıktan sonra etrafı alüminyum özellikte güneş ışınları yansıtıcı ve yağmurlardan dolayısıyla nemden koruyucu bir kılıfla muhafaza altına alınması gerekmektedir. Aynı zamanda koruyucu kılıfın asma gövdesine temas ettiği üst ve yan taraflar sıcaklıktan etkilenmeyen özellikte bir silikon ile kaplanmalıdır.

Asma gövdelerine yerleştirilen sensörler mevcut veri kaydedici (datalogger)'ne bağlanarak veri akışı sağlanmaktadır. Veri kaydedicinin çalışması mevcut güneş panellerinden enerji kullanımının sağlanması ya da direkt elektrik sisteminin kullanılmasıyla mümkün olabilmektedir. Fakat büyük arazilerde kullanılması düşünülen sistem için güneş enerjisinden faydalanmanın daha uygun olacağı görülmektedir. Sistemden elde edilen veriler çeşitli yazılımsal programlar ile değerlendirilebilmektedir. Programlar sayesinde istenilen sürede ve aralıkta ölçüm yapılabilmesi söz konusu olmaktadır.

SONUÇ

Bu derleme ile tarımsal üretim süreçlerinde sulama programlarının kullanabilir bir sistem olan bitki özsuyu akış ölçüm yöntemlerinden biri olan ısı yayılım metodu ile ilgili olarak sistemin prensibi ve montajı hakkında detaylı bilgilere yer verilmiştir. Özellikle de istenilen zaman periyodunda günlük ölçümler gerçekleştirebilen ve verilerin elde edildiği bu sistem, ülkemiz bağcılık çalışmalarında ilk kez 2016 yılında Manisa Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü bünyesinde yapılan bir çalışmada kullanılmıştır. Sistemden elde edilen tecrübe ve bilgilerin bu yayınlara araştırmacılarla aktarılması sonucunda bundan sonraki yapılacak olan çalışmalara ışık tutması açısından önemli olarak görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Balek, J., Pavlik, O., 1977. Sap Stream Velocity as an Indicator of the Transpirational Process. *J. Hydrol* 34:193–200.
2. Burgess, S.S.O., Adams, M.A., Bleby, T.M., 2000. Measurement of Sap Flow in Roots of Woody Plants: a Commentary. *Tree Physiology*, 20:909–913.
3. Cohen, Y., 1991. Determination of Orchard Water Requirement by a Combined Trunk Sap Flow and Meteorological Approach. *Irrigation Science* 12:93–8.
4. Dugas, W.A., Wallace, J.S., Allen, S.J., Roberts, J.M., 1993. Heat Balance, Porometer and Deuterium Estimates of Transpiration from Potted Trees. *Agricultural and Forest Meteorology* 64:47–62.
5. Escalona, J.M., Flexas, J., Medrano, H., 2002. Drought Effects on Water Flow, Photosynthesis and Growth of Potted Grapevines. *Vitis* 41:57–62.
6. Escalona, J.M. and Ribas-Carbo, M., 2010. Methodologies for the Measurement of Water Flow in Grapevines. *Methodologies and Results in Grapevine Research*, Chapter 5. Doi:10.1007/978-90-481-9283-0_5, springer+business media b.v.
7. Fernández, J.E., Green, S.R., Caspari, H.W., Diaz-Espejo, A., Cuevas, M.V., 2007. The Use of Sap Flow Measurements for Scheduling Irrigation in Olive, Apple and Asian pear Trees and in Grapevines. *Plant Soil*, doi:10.1007/s11104-007-9348-8.
8. Goldhamer, D.A., Fereres, E., Malta, Salinas, M., 2003. Can Almond Trees Directly Dictate Their Irrigation Needs? *Calif. Agric.* 57:138–144.
9. Granier, A., 1985. Une Nouvelle Méthode Pour La Mesure Du Flux De Sève Brute Dans Le Tronc Des Arbres. *Ann. Sci. Forest* 42:193–200.
10. Granier, A., 1987. Evaluation of Transpiration in a Douglas fir and by Means of Sap Flow Measurements. *Tree Physiol* 3:171–176.
11. Grime, V.L., Morison, J.L., Simmonds, L.P., 1956. Sap Flow Measurements from Stem Heat Balances: A Comparison of Constant with Variable Power Methods. *Agricultural and Forest Meteorology* 74:27–40. *Irrigation Science* 12:93–8.
12. Hatton, T.J., Vertessy, R.A., 1990. Transpiration of Plantation Pinus radiata Estimated by the Heat Pulse Method and the Bowen Ratio. *Hydrological Processes* 4:289.
13. Intrigliolo, D.S., Castel, J.R., 2006. Performance of Various Water Stress Indicators for Prediction of Fruit Size

- Response to Deficit Irrigation in Plum. Agric Water Manag 83:173–180.
14. Ittner, E., 1968. Der Tagesgang der Geschwindigkeit des Transpirationsstromes im Stamm einer 75-jährigen Fichte. Oec Plant 3:177–183.
 15. Lu, P., Urban, L., Zhao, P., 2004. Granier's Thermal Dissipation Probe (TDP) Method for Measuring Sap Flow in Trees: Theory and Practice. Acta Botanica Sinica. 46(6):631–646.
 16. Nadezhkina, N., 1999. Sap Flow Index as an Indicator of Plant Water Status. Tree Physiol 19:885–891.
 17. Ortuño, M.F., García Orellana Y., Conejero W., Ruiz-Sánchez M.C., Alarcón J.J., Torrecillas A., 2006. Stem and Leaf Water Potentials, Gas Exchange, Sap Flow, and Trunk Diameter Fluctuations for Detecting Water Stress in Lemon Trees. Trees 20:1–8.
 18. Pons, P.J., Truysols, M., Flexas, J.C., Medrano, H., Ribas-Carbo, M., 2008. Sap Flow Technique as a Tool for Irrigation Schedule in Grapevines: Control of the Plant Physiological Status. Options Méditerranéennes, Series A, No.80.
 19. Smith, D.M. and S.J. Allen, 1996. Measurement of Sap Flow in Plant Stems. J. Exp. Bot. 47:1833–1844.
 20. Soegaard H., Boegh E., 1995. Estimation of Evapotranspiration from a Millet Crop in the Sahel Combining Sap Flow, Leaf Area Index and Eddy Correlation Technique. Journal of Hydrology 166:265–82.
 21. Steinberg, S.L., van Bavel C.H.M., McFarland M.J., 1989. A Gauge to Measure Mass Flow Rate of Sap in Stems and Trunks of Woody Plants. Journal of the American Society for Horticultural Science 114:466–72.
 22. Vieweg, G.H., Ziegler, H., 1960. Thermoelektrische Registrierung der Geschwindigkeit des Transpirationsstromes I. Deutsch Botan Ges Ber 73:221–226.
 23. Williams, L.E., Araujo, F., 2002. Correlations Among Predawn Leaf, Midday Leaf, And Midday Stem Water Potential And Their Correlations With Other Measures Of Soil And Plant Water Status in *Vitis vinifera* L. J. Am. Soc. Hortic. Sci. 127:448–454.