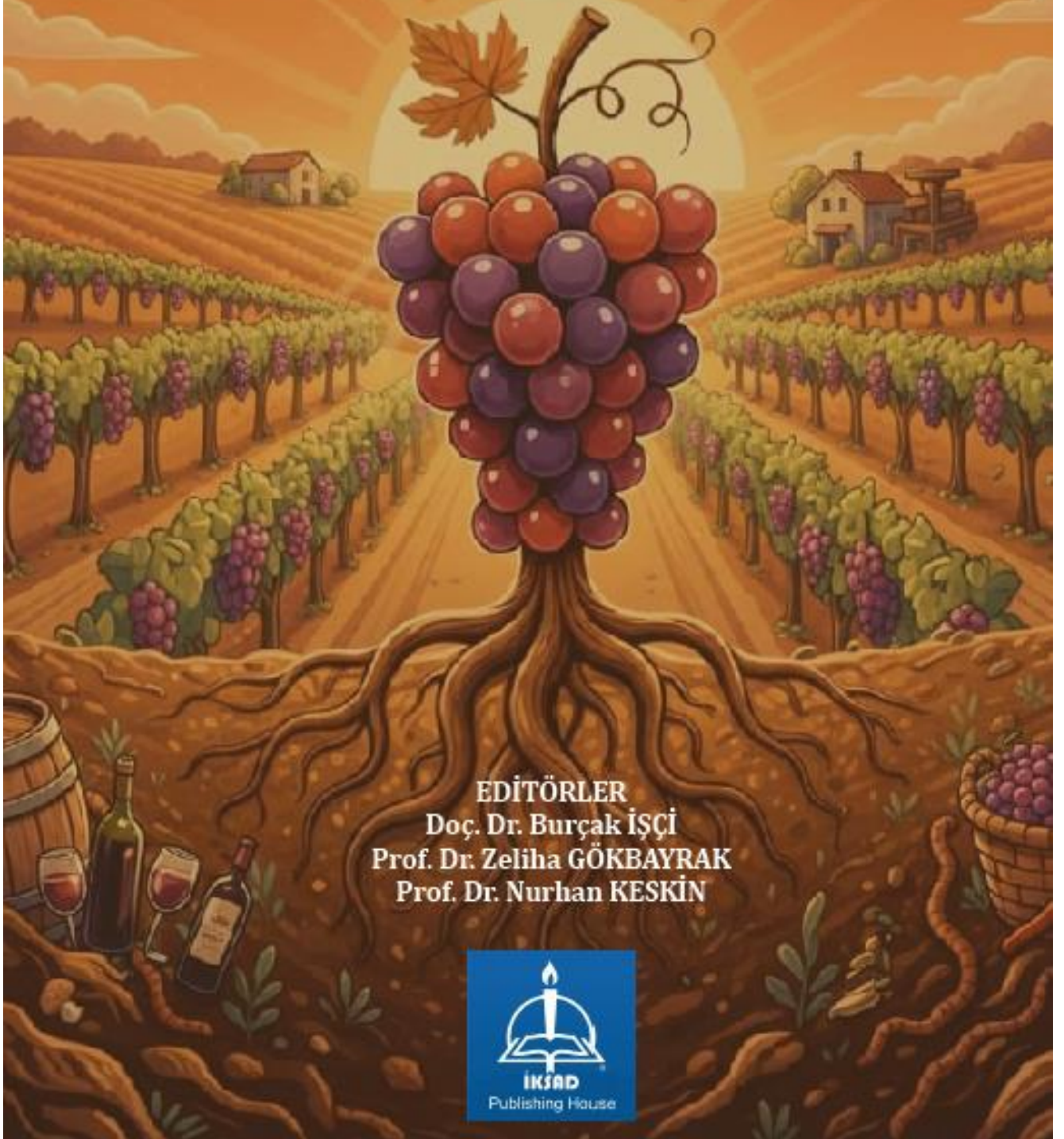


# BAĞCILIK ve ÖNOLOJİDE BİLİMSEL-PRATİK PERSPEKTİF 2



EDİTÖRLER

Doç. Dr. Burçak İŞÇİ

Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK

Prof. Dr. Nurhan KESKİN



İKSAD  
Publishing House

---

# BAĞCILIK ve ÖNOLOJİDE

## BİLİMSEL-PRATİK PERSPEKTİF 2

### EDİTÖRLER

Doç. Dr. Burçak İŞÇİ  
Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK  
Prof. Dr. Nurhan KESKİN

### YAZARLAR

Prof. Dr. Adem YAĞCI  
Prof. Dr. Birhan KUNTER  
Prof. Dr. Hasan ÇELİK  
Prof. Dr. İlknur POLAT  
Prof. Dr. Nurhan KESKİN  
Prof. Dr. Turgut CABAROĞLU  
Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK  
Doç. Dr. Hande TAHMAZ KARAMAN  
Doç. Dr. Seda SUCU DAĞ  
Doç. Dr. Selda DALER  
Dr. Öğr. Üyesi Kevser YAZAR  
Dr. Öğr. Üyesi Merve DARICI  
Dr. Öğr. Üyesi Nesrin KARACA SANYÜREK  
Dr. Öğr. Üyesi Neval TOPCU ALTINCI  
Dr. Öğr. Üyesi Osman DOĞAN  
Dr. Öğr. Üyesi Selin YABACI KARAOĞLAN  
Arş. Gör. Dr. Burcu ÇETİN  
Arş. Gör. Melek DEMİREL  
Zir. Yük. Müh. Mustafa ÇELİK



## **BÖLÜM 6**

### **ANAÇ SEÇİMİNDE POTANSİYEL BİR BİYOKİMYASAL ÖLÇÜT: STİLBEN BİLEŞİKLERİ**

Zir. Yük. Müh. Mustafa ÇELİK

Prof. Dr. Nurhan KESKİN

Prof. Dr. Adem YAĞCI

Prof. Dr. Birhan KUNTER .....173

## **BÖLÜM 7**

### **ÖRTÜALTINDA BAĞCILIK**

Prof. Dr. İlknur POLAT.....191

## **BÖLÜM 8**

### **BİTKİ HORMON SINIFLANDIRMALARINDA BRASİNOSTEROİDLER VE BAĞCILIK ÜZERİNE GÜNCEL BİR BAKIŞ**

Doç. Dr. Seda SUCU DAĞ

Dr. Öğr. Üyesi Neval TOPCU ALTINCI.....221

## **BÖLÜM 9**

### **PIWİ'LER: SÜRDÜRÜLEBİLİR BAĞCILIK İÇİN MANTAR HASTALIKLARINA DİRENÇLİ ŞARAPLIK ÜZÜM ÇEŞİTLERİ**

Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK.....237

## **BÖLÜM 10**

### **YAŞLI ASMALARIN (OLD VINES) BAĞCILIKTA YERİ VE ÖNEMİ: EKOLOJİK, FİZYOLOJİK VE KÜLTÜREL ÖZELLİKLER**

Prof. Dr. Birhan KUNTER

Prof. Dr. Hasan ÇELİK

Prof. Dr. Nurhan KESKİN.....265

## BÖLÜM 6

### ANAÇ SEÇİMİNDE POTANSİYEL BİR BİYOKİMYASAL ÖLÇÜT: STİLBEN BİLEŞİKLERİ

Zir. Yük. Müh. Mustafa ÇELİK<sup>1\*</sup>

Prof. Dr. Nurhan KESKİN<sup>2</sup>

Prof. Dr. Adem YAĞCI<sup>3</sup>

Prof. Dr. Birhan KUNTER<sup>4</sup>

DOI: <https://www.doi.org/10.5281/zenodo.17955520>

---

<sup>1</sup>VanYüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 65080 Van Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-8251-5213>

<sup>2</sup>VanYüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 65080 Van Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-2332-1459>

<sup>3</sup>Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 60250 Tokat Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0002-3650-4679>

<sup>4</sup>Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, 06100 Ankara Türkiye. ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7112-1908>

\*sorumlu yazar: [urfalimustafacelik@gmail.com](mailto:urfalimustafacelik@gmail.com)

## 1. GİRİŞ

19. yüzyılın sonlarında Avrupa'yı etkisi altına alan filoksera (*Daktulosphaira vitifoliae* Fitch) salgını, dünyanın en önemli bağcılık alanı konumundaki bu coğrafyada hem bağcılık ekonomisi hem de asma genetik kaynakları üzerinde büyük zararlara neden olmuştur (Fornacek ve Huber 2009). Bu sorunun çözümü, zararlının doğal yaşam alanı olan Kuzey Amerika'ya özgü *Vitis* türlerinden geliştirilen dayanıklı anaçların kullanılmasıyla mümkün olmuştur. Anaçların geliştirilmesindeki bu yaklaşım günümüzde hâlâ en etkili biyolojik kontrol stratejilerinden biri olarak kabul edilmektedir (Anwar vd., 2002). Filoksera sonrası bağcılıkta zorunlu hâle gelen dayanıklı anaç kullanımı, zamanla yalnızca zararlıya karşı bir önlem olmaktan çıkarak; asmanın biyotik ve abiyotik streslere toleransını artıran ve aynı zamanda üzüm ile şarap kalitesini iyileştirmeyi amaçlayan bütüncül bir yetiştirme stratejisine dönüşmüştür (Anwar vd., 2002; Zhang vd., 2022).

Anaçların çeşidin büyüme ve gelişmesi üzerindeki farklı etkileri literatürde ayrıntılı olarak irdelenmiştir. Son yıllarda ise anaçların, çeşidin biyokimyasal mekanizmaları üzerindeki etkileri konusunda çalışmalar dikkati çekmektedir. Zhang vd. (2017) anaçların çeşidin ışık enerjisini kullanmasında etkilerinin olduğunu bu kapsamda Cabernet Sauvignon (CS) çeşidinin fotosentetik kapasitesini iyileştirme yönünde anaç etkisinin önemli olduğunu; Li vd. (2016) ise anaçların CS asmalarında büyüme potansiyelini, meyve kalitesini ve net fotosentez oranını artırdığını ifade etmişlerdir. Anaç seçimi, bitkinin su ve besin alımını, genel büyüme gücünü ve hormonal dengesini etkileyerek çeşidin fizyolojik ve metabolik davranışlarının şekillendirilmesinde önemli rol oynamaktadır (Poni vd., 2018).

Asma fizyolojisine şekil veren metabolitler arasında stres yönetiminde savunma mekanizmasının bileşenleri olan stilben bileşiklerinin sentezi ve birikimi önemli bir yer tutmaktadır. Stilbenler, başta *trans*-resveratrol (*t*-RES) ve türevleri (piceid, pterostilben, viniferinler vb) olmak üzere, asmanın (*Vitis vinifera* L.) savunma metabolizmasının temel fitoleksin grubunu oluşturur (Keskin ve Marasalı Kunter, 2005; Kunter ve Keskin, 2006; Keskin, 2019). Bitkilerde oksidatif stres, biyotik etmenlerin etkisi altında olduğu gibi, kuraklık, aşırı sıcaklık, UV radyasyonu, mekanik hasar, ağır metaller, tuzluluk ve ozon gibi çok sayıda abiyotik faktör tarafından da tetiklenir ve reaktif oksijen türleri (ROS) artışıyla stres metabolizması şekillenir (Mitler, 2002). ROS,

savunma mekanizmalarının harekete geçmesinde sinyal moleküller olarak tanımlanmaktadır. Bu moleküller asmalarda stilben biyosentezinin güçlü uyarıcılarıdır (Hasan ve Bae, 2017). *t*-RES ve viniferin gibi stilbenoidler, ROS temizleme yeteneği yanında, bağ küllemesi (*Erysiphe necator*) ve bağ mildiyösü (*Plasmopara viticola*) gibi biyotik streslere karşı da etkili antifungal bileşiklerdir (Dabauza vd., 2015; Houillé vd., 2015).

Üzüm insan sağlığı açısından önemli farmakolojik özelliklere sahip stilben bileşiklerinin en zengin kaynağı olarak kabul edilmektedir (Bai vd., 2010; Zhang vd., 2010; Houillé vd., 2014). Son yirmi yılda stilbenlerin insan sağlığı üzerindeki etkilerinin tanınması ile konunun daha iyi anlaşılmasına yönelik çalışmalar üzerine yoğunlaşmıştır. 240'tan fazla klinik çalışmanın katkısıyla *t*-RES antioksidan, anti-inflamatuar, antikanser, kardiyoprotektif, nöroprotektif, yaşlanma karşıtı, anti-diyabetik ve anti-obezite etkileri kapsamlı biçimde değerlendirilmiştir (Valletta vd., 2021). Bunun yanında pterostilben, pinosilvin ve piceatannol gibi diğer monomerik stilbenler ile, genellikle daha güçlü biyolojik aktivite gösteren viniferinler gibi oligomerik stilbenlerin çalışılmasına ilgi giderek artmaktadır. Bu bileşikler, özellikle yaprak, sürgün ve meyve kabuğu dokularında, biyotik ve abiyotik streslere yanıt olarak biriken önemli bileşikler olarak ifade edilmiştir (Keskin ve Kunter, 2017). Bu bileşiklerin birikimi; çeşit, çevre, gelişim dönemi ve bitki dokusuna bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Vincenzi vd., 2013).

Bağcılıkta aşılı fidanların kullanılması gereğince anaç etkilerinin değerlendirilmesi kapsamında, anaçların fenolik bileşiklerin sentezlenmesi üzerindeki etkisinin de bulunduğu dair araştırma sonuçları bulunmaktadır (Cookson vd., 2013; Corso 2014; Maré vd., 2016). Moleküler ve metabolomik çalışmalar, anaçların stilben miktarı ve kompozisyonu üzerinde belirleyici rol oynadığını göstermektedir (Chitarra vd., 2017; Zhang vd., 2022). CS üzümünde 5BB ve 101-14MG anaçlarının tanen birikimini etkilediği belirlenmiştir (Zhang vd., 2022). Anaçlar, bitkinin fizyolojik durumunu (su-mineral dengesi, hormonlar, stres sinyalleri) kontrol ederek kalemdeki metabolik süreçleri etkiler. Bu mekanizma sayesinde, uygun bir anaç seçimi, bitkide savunma yanıtını tetikleyen ancak büyümeyi ciddi şekilde engellemeyen bir "hafif stres" ortamı sağlayabilir. Bu durum ise stilben gibi savunma bileşiklerinin sentezini ve birikimini artırabilir (Gao vd., 2024).

Bu bölümde, aşılı kombinasyonlarda stilben sentezi moleküler mekanizmalar ile birlikte değerlendirilerek stilbenlerin affinite ve adaptasyon

temelli anaç seçiminde potansiyel bir biyokimyasal kriter olarak değerlendirilme olanakları güncel literatür ışığında tartışılacaktır.

## 2. AŞI KOMBİNASYONLARINDA STİLBEN METABOLİZMASI

Stilben biyosentezi, fenilalaninden başlayan fenilpropanoid metabolik yolak üzerinden gerçekleşir (Çelik ve Keskin, 2025). Bu yolda, sırasıyla fenilalanin amonyak liyaz (PAL), sinamat-4-hidroksilaz (C4H) ve 4-kumarat: KoA ligaz (4CL) enzimleri tarafından katalizlenen basamaklar sonucu temel bir ara ürün olan *p*-kumaril-CoA oluşur. Stilben biyosentezinin anahtar ve son basamağında görev alan stilben sentaz (STS) enzimi, bir molekül *p*-kumaril-CoA'yı üç molekül malonil-CoA ile kondense ederek t-RES'in temel iskelet yapısını sentezler. Fenilpropanoid yolağı, aynı prekürsörleri (*p*-kumaril-CoA gibi) paylaşan flavonoid ve lignin biyosentezi gibi dallara ayrılır. Bu nedenle, metabolik akışın stilbenler veya flavonoidler gibi farklı sekonder metabolit sınıflarına yönelimi, ilgili biyosentetik yolak genlerinin (STS vs. CHS/CHI) ve bu genleri düzenleyen transkripsiyon faktörlerinin (MYB, WRKY vb.) nispi ekspresyon seviyelerine bağlı olarak belirlenir. Anaçlar, bu kritik metabolik denge üzerinde uzaktan ve güçlü bir etkiye sahiptir. Kök sisteminden kaynaklanan veya kök aktivitesiyle modüle edilen uzun mesafeli sinyaller—hormonlar (örn. jasmonat, absisik asit), mobil küçük RNA'lar, besin ve su statüsü bilgisi—kalemdeki gen ekspresyon ağlarını şekillendirir (Chitarra vd., 2017). Bu şekilde, kullanılan anaç, metabolik akışın farklı bitki dokularında (yaprak, sürgün, meyve kabuğu) stilben biyosentezi lehine veya aleyhine kaymasını sağlayarak, kalemin genel savunma stratejisini ve sekonder metabolit profilini belirleyebilir. Aşılama, sadece iki bitki parçasının fiziksel olarak birleştirilmesi değil, aynı zamanda biyokimyasal ve fizyolojik etkileşimlerin başladığı bir süreçtir. Çalışmalar, anaçların kalemin transkriptomunu, proteomunu ve metabolomunu uzaktan düzenleyebildiğini göstermektedir (Chitarra vd., 2017; Prodhomme vd., 2019).

Chitarra vd. (2017)'nin yürüttüğü kapsamlı transkriptomik ve metabolomik çalışma, anaçların kalem fizyolojisi üzerindeki derin etkisini moleküler düzeyde ortaya koyan önemli bir referans noktasıdır. Araştırmacılar, aynı çevresel koşullarda yetiştirilen ve 13 farklı anaca aşılınmış 'Gaglioppo' çeşidinin yaprak transkriptomlarını analiz etmişlerdir. Yapılan analizler, özellikle birincil ve ikincil metabolizmaya dahil olan genlerin ekspresyon

profillerinde, anaç genotipine bağlı olarak çarpıcı farklılıklar olduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu farklılıkların en belirgin örneği, 41B ve 1103P anaçları üzerinde gözlenmiştir. 41B anaçları üzerindeki kalemde, savunma ile ilişkili genler (PR proteinleri, NBS-LRR'ler ve STS genleri dahil) güçlü bir şekilde uyarılmış ve stilbenler gibi ilişkili savunma metabolitlerinin sentezinde belirgin bir artış kaydedilmiştir. Buna karşılık, 1103P anaçları üzerindeki aynı kalemde, bu savunma yollarının baskılandığı ve bunun, patojen *Plasmopara viticola*'ya (bağ mildiyözü) karşı artan bir duyarlılık fenotipi ile doğrudan ilişkili olduğu gösterilmiştir. Çalışmanın en dikkat çekici bulgularından biri, savunma yanıtının bu zıt düzenlenmesi ile hormonal sinyalizasyon arasında kurduğu bağlantıdır. Sonuçlar, yüksek stilbenoid birikimi ile düşük hastalık duyarlılığı arasında pozitif bir korelasyon; buna karşın, yüksek absisik asit (ABA) seviyeleri ile artan duyarlılık arasında ise negatif bir ilişki olduğunu göstermiştir. Bu bulgu, stilben biyosentezi ile ABA sinyal yolağı arasındaki dengenin (stilben-ABA eksenini), anaç-kalem etkileşimi bağlamında bitkinin savunma hazırlık durumunu ve patojen direncini belirleyen temel bir düzenleyici mekanizma olabileceğine işaret etmektedir.

Aşı noktası, metabolik aktivitenin yoğunlaştığı bir bölgedir. Prodhomme vd. (2019), aşı uyum sürecinde, birleşme noktasında primer metabolizmanın yeniden programlandığını ve kaynakların savunma bileşiklerinin sentezine kanalize edildiğini göstermiştir. Bu süreçte STS gen ifadesinin ve *t*-RES gibi stilben bileşiklerinin birikiminin arttığı tespit edilmiştir. Aşılamanın bitkinin savunma metabolizmasını (stilben sentezini de içerecek şekilde) uyararak ve anaçtan gelen sinyaller ile bu süreci modüle edebilen bir uygulama olduğunu düşündürmektedir.

### 3. STİLBEN BİRİKİMİNİ DÜZENLEYEN MOLEKÜLER MEKANİZMALAR: miRNA'LARIN ROLÜ

Anaçların kalemdeki gen ifadesini ve metabolizmasını nasıl düzenlediği bağcılık fizyolojisinin en ilgi çekici araştırma konularından birini oluşturmaktadır. Son yıllarda yapılan çalışmalar, bu sistemik etkinin moleküler temelinde, küçük RNA'lar (sRNA) ve özellikle mikroRNA'lar (miRNA) aracılığıyla gerçekleşen transkripsiyon sonrası düzenlemenin kritik bir rol oynadığını ortaya koymuştur (Kehr ve Buhtz, 2008; Zhang, 2015). miRNA'lar, yaklaşık 20-24 nükleotid uzunluğunda, endojen, kodlamayan RNA molekülleri olup, tamamlayıcı baz eşleşmesi yoluyla hedef mRNA'ların translasyonel

baskılanmasına veya doğrudan parçalanmasına aracılık ederler (Bartel, 2004). Bu düzenleyici moleküllerin, bitkilerde gelişim süreçlerinin yanı sıra, çevresel streslere verilen yanıtların ve sekonder metabolizmanın koordinasyonunda merkezi bir işlevi bulunmaktadır (Sunkar vd., 2007).

Üzüm genomunda tanımlanan çok sayıda miRNA'nın, özellikle MYB, WRKY ve SPL gibi transkripsiyon faktörü ailelerini hedef aldığı bilinmektedir (Wang vd., 2019). Bu transkripsiyon faktörlerinin bir kısmı, fenilpropanoid yolak genlerinin ekspresyonunu doğrudan veya dolaylı olarak kontrol etmekte, dolayısıyla stilben biyosentez kapasitesi üzerinde etkili olmaktadır. Örneğin, Jiang (2021), VqmıR171c ve VqmıR171i miRNA'larının hedefi olan VqMYB154 transkripsiyon faktörünün, asmalarda stilbenoid bileşiklerin biyosentezinin düzenlenmesinde kritik bir rol oynadığını göstermiştir. Bu bulgu, miRNA'lar ile stilben metabolizması arasındaki fonksiyonel bağlantıya işaret eden önemli kanıtlardan biridir.

Zhu vd. (2024) tarafından yürütölen kapsamlı çalışma, bu mekanizmanın anaç-kalem etkileşimi bağlamında stilben regölasyonundaki spesifik rolünü açığa çıkarmıştır. Araştırmacılar, dayanıklı bir anaç olan 140Ru üzerine aşılanan CS kaleminin yapraklarında, kendi kökleri üzerinde yetişen CS'ye oranla önemli ölçüde daha yüksek *t*-RES içeriği gözlemlemişlerdir. Bu fenotipik farklılığın moleküler temelini araştırmak amacıyla yapılan yüksek verimli küçük RNA dizileme analizleri, 140Ru anacı üzerindeki kalemde, stilben biyosentez yolunun anahtar enzimi STS ekspresyonunu doğrudan hedefleyen ve düzenleyen iki spesifik miRNA'nın (vvi-miR828a ve vvi-miR166b) seviyelerinde anlamlı değişiklikler olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmanın en çarpıcı bulgularından biri, bu miRNA'ların hedef genleri olan STS transkriptleri ile ters yönlü bir ekspresyon profili sergilemesidir; yani miRNA seviyelerindeki artış, hedef STS gen ifadesinde bir azalma ile ilişkilendirilirken, vvi-miR828a ve vvi-miR166b seviyelerindeki düşüşün, STS ifadesinde ve sonuçta *t*-RES birikiminde bir artışa yol açtığı tespit edilmiştir. Bu düzenleyici ilişki, 140Ru anacının, kalem dokularında bu spesifik miRNA'ların seviyelerini modöle ederek (köklerden taşınarak ya da kalemdeki endojen ifadeyi düzenleyerek) STS genlerinin ekspresyonunu ve dolayısıyla *t*-RES birikimini uzaktan düzenleyebildiğini göstermektedir. Bu mekanizma, aşılı bitkilerdeki sistemik sinyalizasyon ağlarının karmaşıklığını vurgulamaktadır. Lewsey vd. (2016)'nın da belirttiği gibi, miRNA'lar floem özsuyunda taşınabilen mobil sinyaller olup, kök ve sürgün gibi uzak organlar

arasında genetik bilginin koordinasyonunu sağlayabilir. 140Ru anacından kaynaklanan veya onun tarafından indüklenen miRNA'ların, aşı birleşme noktasından geçerek kalemın yaprak dokularına ulaşması ve burada savunma metabolizmasını yeniden programlaması, anaç-kalem iletişiminde miRNA'ların uzun mesafeli sinyal molekülleri olarak işlev gördüğünün somut ve önemli bir kanıtıdır.

Sonuç olarak, miRNA aracılı düzenleme, anaçların kalemın stilben biyosentez kapasitesini şekillendirmede oynadığı rolün anlaşılmasında yeni bir boyut kazandırmıştır. Bu bilgi, gelecekte, sadece agronomik özellikleri değil aynı zamanda hedef kalemde arzu edilen metabolik profilleri (yüksek stilben birikimi gibi) indükleyebilme potansiyellerine göre de değerlendirilebilecek "akıllı anaçların" geliştirilmesine olanak tanıyabilir.

#### 4. TANE KABUĞUNDAKİ FENOLİK VE STİLBEN PROFİLLERİNE ANAÇ ETKİSİ

Üzüm kalitesi ve nutrasötik değeri denildiğinde, fenolik bileşiklerce zengin kabuk dokusu kritik bir öneme sahiptir. Tanenler, antosiyaninler, flavonoller ve stilbenler gibi fenolik bileşikler, sadece şarabın renk, yapı ve duysal özelliklerini belirlemekle kalmaz, aynı zamanda insan sağlığı üzerindeki potansiyel yararlarıyla da dikkat çekerler (Gutiérrez-Gamboa vd., 2021). Bu bağlamda, anaç seçiminin üzüm kabuğundaki fenolik profil üzerindeki etkileri hem kalite hem de sağlık iddiaları açısından büyük önem taşımaktadır.

Zhang vd. (2022) tarafından yürütülen kapsamlı çalışma, bu etkinin boyutlarını ortaya koyan önemli bir örnektir. Araştırmacılar, CS kalemının dört farklı anaç (5BB, SO4, 1103P, 3309C) üzerindeki fenolik profilini, geniş hedefli metabolomik ve transkriptomik analizlerle incelemişlerdir. Çalışmanın sonuçları, toplam fenolik içerik ve kompozisyonda anaç genotipine bağlı belirgin farklılıklar olduğunu göstermiştir. Özellikle stilben birikimi açısından yapılan değerlendirmeler, *trans*-piceid ve *t*-RES gibi stilben türevlerinin birikiminin, kullanılan anacın genotipine bağlı olarak anlamlı şekilde değiştiğini ortaya koymuştur. Metabolomik veriler, SO4 anacı üzerinde yetişen CS üzümlerinin kabuğunda, diğer anaçlara oranla belirgin şekilde daha yüksek stilben içeriği tespit edildiğini göstermiştir. Bu bulgu, belirli anaç genotiplerinin, kalemde stilben biyosentez yollarını daha etkin bir şekilde teşvik edebildiğine işaret etmektedir.

Bu fenotipik farklılıkların moleküler temeli, transkriptomik analizlerle aydınlatılmaya çalışılmıştır. Stilben biyosentezindeki kilit enzimlerden STS ve fenilpropanoid yolak genlerinin ekspresyon seviyelerinin, farklı aşı kombinasyonlarında değişiklik gösterdiği gözlemlenmiştir. Yüksek stilben birikimi gözlenen kombinasyonlarda, ilişkili biyosentetik genlerin ekspresyonunda da artış tespit edilmesi, anacın etkisinin transkripsiyonel düzeyde gerçekleştiğini düşündürmektedir. Bu durum, anacın sadece nihai stilben miktarını değil, aynı zamanda hangi spesifik stilben türevlerinin sentezleneceğini (stilben profilini) de belirleyerek, kalemın biyokimyasal kimliğini şekillendirebildiğinin güçlü bir göstergesidir.

Sonuç olarak, anaç seçimi, üzüm kabuğundaki fenolik ve özellikle stilben profili üzerinde derin bir etkiye sahiptir. Bu etki, sadece kantitatif bir artıştan ibaret olmayıp, kalitatif bir profil değişikliğini de içermekte ve bitkinin gelişimsel süreç boyunca metabolik programını etkileyebilmektedir. Bu nedenle, yüksek kaliteli ve yüksek nutrasötik değere sahip üzüm üretimi hedeflendiğinde, hedef fenolik/stilben profilini optimize edebilecek anaç-kalem kombinasyonlarının seçimi stratejik bir karar haline gelmektedir.

Farklı aşı kombinasyonlarının çeşitli bitki dokularındaki (yaprak, kabuk, sürgün, kök) stilben bileşiklerinin miktarı ve profili üzerindeki etkileri Tablo 1’de özetlenmiştir.

**Tablo 1:** Farklı anaç-çesit kombinasyonlarında stilben bileşiklerinin miktarı üzerine yapılmış çalışmaların özeti

Anaç	Kalem (Çesit)	Doku	Stilben Bileşiği	Miktar	Ana Bulgu/ Etki	Referans
41B	Gaglioppo	Yaprak	Toplam Stilbenler	Önemli ölçüde artış	Savunma genleri ve stilben sentezi güçlü şekilde uyarıldı	Chitarra vd., 2017
1103 P	Gaglioppo	Yaprak	Toplam Stilbenler	Önemli ölçüde azalış	Savunma yolları baskılandı	Chitarra vd., 2017
Fercal, 5 C, 140 Ru, 3309 M, 3309 C, SO4, Kangzhen3, 5 BB,	CS	Yaprak	r-RES	Artış	r-RES miktarının yanı sıra C4H ve 4CL enzim aktiviteleri arttı	Zhai, 2017
3309C, 1103P, 140Ru, SO4 5C	CS	Tane	r-RES	Artış	Tanede r-RES birikimi ve tohum ile perikarp dokularındaki ilgili enzim aktiviteleri arttı	He vd., 2019
140Ru	CS	Yaprak	r-RES	Artış	miRNA'lar aracılığıyla STS gen ifadesi düzenlendi	Zhu vd., 2024
SO4	CS	Tane Kabuğu	r-RES, r-piceid	Belirgin Artış	Stilben birikimi diğer anaçlara göre daha yüksek	Zhang Z vd., 2022
5BB	CS	Tane Kabuğu	r-RES, r-piceid	Orta Düzeyde Artış	Fenolik profil üzerinde ölçülebilir etki	Zhang Z vd., 2022
101-14 MG	CS	Sürgün	Fenolik Bileşikler	Artış	Gelişim evrelerinde fenolik birikim teşvik edildi	Zhang F vd., 2022
5BB	CS	Sürgün	r-RES	11.7-18.2 µg/g	Yıllara göre değişkenlik gösterdi	Németh vd., 2017
5BB	Italian Riesling	Sürgün	r-RES	11.6-207.9 µg/g	Çesit etkisi belirgin şekilde gözlemlendi	Németh vd., 2017
140Ru	CS	Kök	r-RES	12.9-149.1 µg/g	Kök dokuda yüksek birikim	Németh vd., 2017
Fercal	Italian Riesling	Kök	r-RES	40.8-171.2 µg/g	Hem anaç hem çesit etkisi görüldü	Németh vd., 2017

## 5. ÇEVRESEL FAKTÖRLER VE ANAÇ SEÇİM STRATEJİLERİNİN ÖNEMİ

Anaç-kalem etkileşiminin karmaşıklığı, sadece genetik faktörlerle sınırlı olmayıp, çevresel koşulların bu ilişki üzerindeki modülatör etkisiyle daha da artmaktadır. Anaç etkisinin büyüklüğü ve yönü, güçlü bir şekilde agro-ekolojik koşullardan etkilenmekte ve bu durum "genotip x çevre" etkileşiminin bağıcılıktaki kritik önemini ortaya koymaktadır.

Wang vd. (2025) tarafından Kuzey Çin'de korumalı yetiştiricilik koşullarında 'Miguang' çeşidi ile yürütülen çalışmada, örtü altı yetiştirme sistemlerinde anaç seçiminin asma performansı, verim parametreleri ve kalite bileşenleri (fenolik bileşikler ve stilbenler dahil) üzerinde belirleyici olduğunu doğrulamıştır. Elde edilen bulgular, optimum aşı kombinasyonlarının belirlenmesinde yetiştirme sisteminin spesifik koşullarının en az agro-ekolojik bölge kadar önemli olduğuna işaret etmektedir.

Literatürde, aynı aşı kombinasyonunun farklı pedo-iklimsel koşullar altında birbirinden oldukça farklı performans sonuçları verebileceğine dair güçlü kanıtlar mevcuttur. Maré vd. (2013), farklı toprak tiplerinin ve anaçların Pinot Noir yapraklarının transkriptomik profilini önemli ölçüde modüle ettiğini, bu durumun da fenilpropanoid yolak genlerinin ekspresyonuna yansıdığını ortaya koymuştur. Bu da çevresel faktörlerin, dolaylı olarak stilben biyosentez kapasitesini etkileyebileceğini düşündürmektedir.

Benzer şekilde, Wooldridge ve Olivier (2014) aynı anaçların aynı kalem üzerinde sergilediği farklı etkilerin temel belirleyicisinin büyük ölçüde toprak tipi olduğunu vurgulamıştır. Toprağın fizikokimyasal özellikleri (drenaj, pH, tekstür, besin elementleri varlığı) kök gelişimini ve dolayısıyla bitkinin su-besin elementi dengesini doğrudan etkilemekte, bu da kalemin sekonder metabolizmasını ve savunma bileşikleri birikimini şekillendirmektedir. Dias vd. (2017) de benzer şekilde, aynı bölgede bile mikro-topoğrafya ve toprak özelliklerindeki varyasyonların anaç performansını ve dolayısıyla üzüm kalitesini değiştirebileceğini belirtmiştir.

İklimsel faktörler de en az toprak koşulları kadar belirleyicidir. Sıcaklık, yağış rejimi, nem ve UV radyasyonu gibi parametreler hem bitkinin genel stres seviyesini hem de stilben sentezini tetikleyen sinyal yollarını etkilemektedir. Stilbenler bilindiği üzere başta UV ışınları ve patojen saldırısı olmak üzere çeşitli stres faktörlerine karşı indüklenen bileşiklerdir. Bu nedenle, bir anaçın

kuraklığa toleranslı olması, onun aynı zamanda su stresi altında kalemde stilben sentezini teşvik edici bir profile sahip olabileceği anlamına gelebilir. Corso vd. (2014)'nin de belirttiği gibi, su stresine dayanıklı anaçlarda fenilpropanoid metabolizmasına ait genlerin farklı düzenlendiği ve bunun *t*-RES aracılı bir dayanıklılık mekanizması ile ilişkili olabileceği öne sürülmüştür.

Tüm bu bulgular ışığında, modern ve sürdürülebilir bağcılık için "her koşula uyan tek tip anaç" yaklaşımından ziyade, "bölgeye, amaca ve hatta spesifik mikro-koşullara özgü anaç seçim stratejileri"nin geliştirilmesi bir zorunluluk haline gelmiştir. Bu kapsamda, stilben birikimi gibi spesifik ve kaliteyle doğrudan ilişkili metabolik göstergelerin, geleneksel agronomik kriterlerin yanında değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Stilben profilleri, bir anaçın sadece fizyolojik uyum yeteneğinin değil, aynı zamanda kaleme kazandırdığı biyotik ve abiyotik stres toleransının ve nihai ürün kalitesinin potansiyel bir biyobelirteç (biyomarkör) olarak kullanılabilir.

Sonuç olarak, iklim değişikliği ve artan çevresel belirsizlikler bağlamında, geleceğin bağcılık sistemlerini planlarken, genotip x çevre etkileşimlerini derinlemesine anlayan ve hedef bölgenin spesifik stres koşullarına yanıt verebilen, aynı zamanda da yüksek kaliteli üzüm üretimine olanak sağlayan (yüksek stilben içeriği gibi) anaçların seçimi, sürdürülebilir ve rekabetçi bir bağcılık için hayati bir stratejik adım olarak öne çıkmaktadır.

## 6. SONUÇ ve GELECEK HEDEFLERİ

Günümüze kadar yapılan çalışmalar, anaç-kalem ilişkisinin, stilben bileşim ve miktarı üzerinde kritik bir belirleyici olduğunu açıkça göstermektedir.

Anaçlar:

- Kalemın transkriptomik profilini değiştirerek STS gibi kilit savunma genlerinin ifadesini modüle eder.
- miRNA'lar aracılığıyla transkripsiyon sonrası stilben biyosentez yollarını düzenler.
- Aşı noktasında metabolik yeniden programlamayı uyararak savunma metabolitlerinin sentezini teşvik eder.
- Nihayetinde, üzüm, yaprak ve kabuğundaki stilben miktarını ve profilini değiştirerek bitkinin hastalıklara karşı potansiyel direncini ve üzümün nutrasötik kalitesini etkiler.

Bu bulgular ışığında, stilben profilleri, bir aşı kombinasyonunun savunma kapasitesinin ve dolaylı olarak potansiyel dayanıklılığının güçlü bir biyobelirteç seti olarak değerlendirilebilir. Gelecekte, özellikle stres altında stilben sentez kapasitesi yüksek aşı kombinasyonlarının belirlenmesi, ıslah programlarının hedefleri arasına alınmalıdır. Moleküler markörler, yüksek verimli fenotipleme ve metabolomik analizlerle desteklenen bu yaklaşım, daha az pestisit kullanılan, daha sürdürülebilir ve yüksek kaliteli üzüm ve başta şarap olmak üzere işlenmiş ürün üretimine hizmet edecek, yeni nesil anaç seçim stratejilerinin temelini oluşturabilecektir.

**KAYNAKÇA**

- Anwar, S. A., McKenry, M., Ramming, D. (2002). A search for more durable grape rootstock resistance to root-knot nematode. *Am. J. Enol. Vitic.* 53, 19–23.
- Bai, Y., Mao, Q. Q., Qin, J., Zheng, X. Y., Wang, Y. B., Yang, K., ... & Xie, L. P. (2010). Resveratrol induces apoptosis and cell cycle arrest of human T24 bladder cancer cells in vitro and inhibits tumor growth in vivo. *Cancer science*, 101(2), 488-493.
- Bartel, D. P. (2004). MicroRNAs: genomics, biogenesis, mechanism, and function. *cell*, 116(2), 281-297.
- Chitarra, W., Perrone, I., Avanzato, C. G., Minio, A., Boccacci, P., Santini, D., ... & Gambino, G. (2017). Grapevine grafting: Scion transcript profiling and defense-related metabolites induced by rootstocks. *Frontiers in Plant Science*, 8, 654.
- Cookson, S. J., Clemente Moreno, M. J., Hevin, C., Nyamba Mendome, L. Z., Delrot, S., Trossat-Magnin, C., & Ollat, N. (2013). Graft union formation in grapevine induces transcriptional changes related to cell wall modification, wounding, hormone signalling, and secondary metabolism. *Journal of Experimental Botany*, 64(10), 2997-3008.
- Corso, M., & Bonghi, C. (2014). Grapevine rootstock effects on abiotic stress tolerance. *Plant Science Today*, 1(3).
- Çelik, M., & Keskin, N. (2025). Asma (*Vitis* spp.)’da stilben ve stilbenoidler: güncel bir değerlendirme. In V. Beyyavaş (Ed.), *Ziraat, Orman Ve Su Ürünleri Alanında Akademik Çalışmalar XII*, İksad Yayınevi: Ankara, Türkiye.
- Dabauza, M., Velasco, L., Pazos-Navarro, M., Pérez-Benito, E., Hellin, P., Flores, P., ... & Lacasa, A. (2015). Enhanced resistance to *Botrytis cinerea* in genetically-modified *Vitis vinifera* L. plants over-expressing the grapevine stilbene synthase gene. *Plant Cell, Tissue and Organ Culture (PCTOC)*, 120(1), 229-238.
- Dias, F. A. N., Mota, R. V. D., Souza, C. R. D., Pimentel, R. M. D. A., Souza, L. C. D., Souza, A. L. D., & Regina, M. D. A. (2017). Rootstock on vine performance and wine quality of ‘Syrah’ under double pruning management. *Scientia Agricola*, 74(2), 134-141.

- Forneck, A., & Huber, L. (2009). (A) sexual reproduction—a review of life cycles of grape phylloxera, *Daktulosphaira vitifoliae*. *Entomologia Experimentalis et Applicata*, 131(1), 1-10.
- Gao, Q., Zheng, R., Lu, J., Li, X., Wang, D., Cai, X., ... & Kong, Q. (2024). Trends in the potential of stilbenes to improve plant stress tolerance: Insights of plant defense mechanisms in response to biotic and abiotic stressors. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 72(14), 7655-7671.
- Gutiérrez-Gamboa, G., Zheng, W., & de Toda, F. M. (2021). Current viticultural techniques to mitigate the effects of global warming on grape and wine quality: A comprehensive review. *Food Research International*, 139, 109946.
- Hasan, M. M., & Bae, H. (2017). An overview of stress-induced resveratrol synthesis in grapes: Perspectives for resveratrol-enriched grape products. *Molecules*, 22(2), 294.
- Houillé, B., Papon, N., Boudesocque, L., Bourdeaud, E., Besseau, S., Courdavault, V., ... & Lanoue, A. (2014). Antifungal activity of resveratrol derivatives against *Candida* species. *Journal of natural products*, 77(7), 1658-1662.
- Jiang, C. (2021). Mechanism of VqMYB154 Transcription Factor Regulation of Powdery Mildew Resistance in Chinese Wild Grape. Master's Thesis, Northwest A&F University, Yangling, China.
- Kehr, J., & Buhtz, A. (2008). Long distance transport and movement of RNA through the phloem. *Journal of Experimental Botany*, 59(1), 85-92.
- Keskin, N. (2019). Asmanın Kalkanı: Stilbenler. Tarım Bilimlerinde Güncel Araştırma ve Değerlendirmeler. Ed: Kunter B ve Keskin N. Stamparija Ivpe, Cetinje, 29-46.
- Keskin, N., & Marasalı Kunter, B., (2005). Asma fitoaleksinleri. *Yüzyüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(1),42-46.
- Keskin, N., & Kunter, B., (2017). Stilbenes profile in various tissues of grapevine (*Vitis vinifera* L. cv. 'Ercis'). *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 18(3), 1259-1267.
- Kunter, B., & Keskin, N., (2006). Asmalarda (*Vitis* Ssp.) fitoaleksin üretimini etkileyen faktörler. *Yüzyüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1), 79-87.

- Lewsey, M. G., Hardcastle, T. J., Melnyk, C. W., Molnar, A., Valli, A., Urich, M. A., ... & Ecker, J. R. (2016). Mobile small RNAs regulate genome-wide DNA methylation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *113*(6), E801-E810.
- Li, C., Bai, S., Geng, G., Chen, G., Zhao, R., & Cai, J. (2016). Effects of different rootstocks on the growth and development of 'Cabernet Pearl' grapes. *Journal of Fruit Science*, *33*, 1241-1250.
- Marè, C., Aprile, A., Roncaglia, E., Tocci, E., Corino, L. G., De Bellis, L., & Cattivelli, L. (2013). Rootstock and soil induce transcriptome modulation of phenylpropanoid pathway in grape leaves. *Journal of Plant Interactions*, *8*(4), 334-349.
- Mittler, R. (2002). Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in plant science*, *7*(9), 405-410.
- Németh, G., Molnár, Z., Podmaniczky, P., Sárdy, D.N., Kállay, M., Dunai, A. & Kocsis, L. (2017) Trans-resveratrol content in grape cane and root of different scion-rootstock combinations. *Mitteilungen Klosterneuburg* *67*, 256-264.
- Poni, S., Gatti, M., Palliotti, A., Dai, Z., Duchêne, E., Truong, T. T., ... & Tombesi, S. (2018). Grapevine quality: A multiple choice issue. *Scientia Horticulturae*, *234*, 445-462.
- Prodhomme, D., Valls Fonayet, J., Hévin, C., Franc, C., Hilbert, G., de Revel, G., ... & Cookson, S. J. (2019). Metabolite profiling during graft union formation reveals the reprogramming of primary metabolism and the induction of stilbene synthesis at the graft interface in grapevine. *BMC Plant Biology*, *19*(1), 599.
- Sunkar, R., Chinnusamy, V., Zhu, J., & Zhu, J. K. (2007). Small RNAs as big players in plant abiotic stress responses and nutrient deprivation. *Trends in Plant Science*, *12*(7), 301-309.
- Valletta, A., Iozia, L. M., & Leonelli, F. (2021). Impact of environmental factors on stilbene biosynthesis. *Plants*, *10*(1), 90.
- Vincenzi, S., Tomasi, D., Gaiotti, F., Lovat, L., Giacosa, S., Torchio, F., ... & Rolle, L. (2013). Comparative study of the resveratrol content of twenty-one Italian red grape varieties. *South African Journal of Enology and Viticulture*, *34*(1), 30-35.

- Wang, D. (2019). Expression of Transcription Factors WRKY and bZIP in Wild Grape in China and Their Regulation of Disease Resistance. Master's Thesis, Northwest A&F University, Yangling, China.
- Wang, X., Liu, C., Jia, N., Yin, Y., Han, B., Sun, Y., ... & Li, M. (2025). Rootstock-mediated effects on vine performance and quality composition of 'Miguang' under protected cultivation in northern China. *European Journal of Horticultural Science*, 90(1).
- Wooldridge, J., & Olivier, M. P. (2014). Effects of weathered soil parent materials on Merlot grapevines grafted onto 110 Richter and 101-14Mgt rootstocks. *South African Journal of Enology and Viticulture*, 35(1), 59-67.
- Zhang, B. (2015). MicroRNA: a new target for improving plant tolerance to abiotic stress. *Journal of Experimental Botany*, 66(7), 1749-1761.
- Zhang, F., Liu, J., & Shi, J. S. (2010). Anti-inflammatory activities of resveratrol in the brain: role of resveratrol in microglial activation. *European Journal of Pharmacology*, 636(1-3), 1-7.
- Zhang, F., Song, X., Zhong, H., Zhou, X., Han, S., Zhang, W., & Pan, M. (2017). Study on the effects of rootstocks on leaf quality and photosynthetic efficiency of Cabernet Sauvignon grape. *Xinjiang Agricultural Sciences*, 54, 1223-1231. (In Chinese)
- Zhang, Z., Sun, J., Zhao, S., Lu, Q., Pan, L., Zhao, B.,... & (2022). Effects of different rootstocks on phenolics in the skin of 'Cabernet Sauvignon' and widely targeted metabolome and transcriptome analysis. *Horticulture Research*, 9, uhac053.
- Zhang, F., Zhong, H., Zhou, X., Pan, M., Xu, J., Liu, M.,... & (2022). Grafting with rootstocks promotes phenolic compound accumulation in grape berry skin during development based on integrative multi-omics analysis. *Horticulture Research*, 9, uhac055.
- Zhu, C., Zhang, Z., Liu, Z., Shi, W., Zhang, D., Zhao, B., & Sun, J. (2024). '140R' rootstock regulates resveratrol content in 'Cabernet Sauvignon' grapevine leaves through miRNA. *Plants*, 13(21), 3057.
- Zhai, C., Zhao, B., Sun, J., Yu, S., Zhang, E., Li, G., Dong, X., & Zhang, Z. (2017). Effect of resistant rootstock on the process and content of resveratrol in Cabernet Sauvignon grape leaves. *Acta Bot. Boreal.-Occident. Sin.*, 37(9), 1773-1780.