BAHÇE 52 (Özel Sayı 1): 102–110 (2023)
ISSN: 1300-8943 e-ISSN: 2791-6375

SOFRALIK ÜZÜM ÇEŞİTLERİNDE POTASYUM UYGULAMASININ DON TOLERANSINA ETKİLERİ

Gülhan GÜLBASAR KANDİLLİ[1]*, Gökhan SÖYLEMEZOĞLU[2], Cafer KÖSE[3], Arif ATAK[4]

[1]Zir. Yük. Müh., Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Yalova; ORCID: 0000-0002-2861-7876
[2]Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ankara; ORCID: 0000-0002-7959-0407
[3]Prof. Dr., Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Erzurum; ORCID: 0000-0002-4354-0643
[4]Doç. Dr., Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bursa; ORCID: 0000-0003-0405-6805

ÖZ

Potasyum, bitki büyümesinde ve metabolizmasında kritik bir rol oynayan ve çeşitli biyotik ve abiyotik stresler altındaki bitkilerin hayatta kalmasına büyük ölçüde katkıda bulunan önemli bir besin elementidir. Bitki dokularında ve çiçek tomurcuklarında yetersiz potasyum bulunması, düşük sıcaklık stres duyarlılığını arttırmaktadır. 2020 ve 2021 yılları arasında gerçekleştirilen bu çalışmada Marmara Bölgesi'nde ticari öneme sahip Kober 5BB anacı üzerine aşılı Trakya İlkeren (Tİ), 1103 Paulsen anacı üzerine aşılı Michele Palieri (MP) ve 140 Ru anacı üzerine aşılı Red Globe (RG) üzüm çeşitleri kullanılmıştır. Bu çeşitlerin farklı fenolojik evrelerinde yapılan potasyum uygulamalarının, üç ayrı dönemde (aklimasyona geçiş, tam dayanım ve deaklimasyon) kış gözlerinin don toleransına etkileri Diferansiyel Termal Analiz (DTA) yöntemiyle incelenmiştir. Üç farklı dönemde alınan örneklerde don mukavemetinin önemli göstergeleri olarak kabul edilen prolin, indirgen şeker ve MDA analizleri yapılmıştır. Potasyum uygulamasının don toleransına etkisi çeşitlere, yıllara ve dönemlere göre değişiklik göstermiş, en büyük etki, don toleransında 2.57°C'lik artışla MP çeşidi 2020 ilkbahar döneminde saptanmıştır. RG çeşidi 2021 ilkbahar döneminde de potasyum uygulamasının don toleransını 1.49°C arttırdığı belirlenmiştir. Potasyum uygulamasının kış gözlerindeki prolin, indirgen şeker ve Lipid peroksidasyon aktivitesinde (MDA) gerçekleştirdiği değişimin çeşitlere ve dönemlere göre farklılık gösterdiği tespit edilmiştir. Her iki yılda da tam dayanım döneminde (kış dönemi) en düşük ölüm sıcaklıkları saptanmış, aklimasyona geçiş ve deaklimasyon dönemlerindeki donma sıcaklıkları yıl bazında ve çeşitlere göre farklılık göstermiştir.

Anahtar Kelimeler: Sofralık üzüm, potasyum, don toleransı, diferansiyel termal analiz, abiyotik stres

THE EFFECTS OF FOLİAR POTASSIUM ON FROST TOLERANCE IN GRAPEVINES

ABSTRACT

Potassium is an essential nutrient that plays a critical role in plant growth and metabolism and greatly contributes to the survival of plants under various biotic and abiotic stresses. Insufficient potassium in plant tissues and flower buds increases susceptibility to low temperature stress. In this study, which was carried out between 2020 and 2021, Trakya İlkeren (Tİ) grafted on Kober 5BB rootstock, Michele Palieri (MP) grafted on 1103 Paulsen rootstock, and Red Globe (RG) grape varieties grafted on 140 Ru rootstock were used. These cultivars growing for commercial purpose in the Marmara Region. The effects of potassium applications in different phenological stages of these cultivars on frost tolerance of winter buds in three different periods (transition to acclimation, hardening and deaclimation) were investigated by Differential Thermal Analysis (DTA) method. Proline, reducing sugar and MDA analyzes, which are accepted as prominent indicators of frost tolerance, were performed on the samples taken in three different periods. The effect of foliar potassium application on frost tolerance varied according to cultivars, years and periods. The greatest effect was determined in the spring of 2020, with an increase of 2.57°C in frost tolerance in MP. It was determined that the foliar potassium in the RG, spring of 2021 increased the frost tolerance by 1.49°C. It has been determined that the changes in the amounts of proline, reducing sugar and MDA in the winter buds of potassium application are different according to the cultivars and periods. In both years, the lowest death temperatures were determined in the hardening period (winter period), and the freezing temperatures in the acclimation and deaclimation periods differed on a yearly and cultivars basis.

Keywords: Table grapes, potassium, frost tolerance, differential thermal analysis, abiotic stress

GİRİŞ

Asma dünya üzerinde yetiştiricilik bakımından çok geniş alanlarda kendine yer bulmuş ılıman iklim meyve türleri arasında yer almaktadır. Ancak yetiştiriciliğinin bu kadar geniş alanlarda yapılması, çevresel streslere daha fazla maruz kalmasını beraberinde getirmektedir [21]. Özellikle kış

*Sorumlu yazar / *Corresponding author*: gulhangulbasar@gmail.com

soğukları, bağcılığın yeryüzündeki dağılımını, üretimini ve verimini etkileyen belirleyici bir unsurdur ve kısa vejetasyona sahip karasal iklime sahip alanlarda yetiştiriciliğin istenilen düzeyde yapılmasını zorlaştırmaktadır [28, 24, 20]. Üzüm, havanın değişken olduğu ılıman iklimlerde yetiştirilen ve ani sıcaklık düşüşlerinden son derece zarar gören meyvelerden biridir. Don zararı (kış, ilkbahar geç ve sonbahar erken donları), doğrudan kış gözü ve göz içerisindeki primer, sekonder ve tersiyer sürgün yataklarına, kış gözünün sürmesiyle oluşan 2-5 cm'lik yeşil yaprak ve salkım taslaklarına zarar vererek doğrudan verimi düşürmesi nedeniyle çok önemli ekonomik kayıplara sebep olmaktadır [8]. Şiddetli soğuklar nedeniyle dünya üzüm üretiminde her yıl %5-15 oranında ürün kaybı meydana gelmektedir [7]. İklim değişikliğinin olumsuz etkileri nedeniyle gelecekte şiddetli soğuk zararlarıyla karşılaşılacağı tahmin edilmektedir [16, 41, 2].

Bitkiler, soğuk uyaranları algılamalarına ve maruz kaldıkları soğuk stresinden kaçınmak veya hayatta kalmak için aktif tepki almalarına izin veren adaptif stratejiler geliştirmiştir [34, 31, 26]. Bu adaptif süreç, artan prolin, çözünebilir şekerler ve MDA seviyelerinin yanı sıra enzim aktiviteleri de dahil olmak üzere bir dizi biyokimyasal ve fizyolojik değişiklik içerir [15, 32]. Asmada dormansiye geçiş süreçleri (aklimasyon, hardening ve deaklimasyon dönemleri) diğer odunsu bitkilerle benzerlik gösterir. Aklimasyona geçişle tüm yapraklar dökülür ve büyüme tamamen durur. Bu süreç ilkbaharda tomurcukların uyanması anına kadar devam eder [12]. Aktif yaz büyümesi sırasında, asmalar donma hasarına karşı hassastır, ancak uyku mevsiminde süper soğutma yeteneğine sahiptir. Bu durum asmaların tomurcuk, dal ve gövde dokularının -10°C'nin çok altındaki sıcaklıklara alışmasını sağlar [1].

Potasyum gereksinimleri büyük ölçüde ürün yükü ile belirlenir ve meyve olgunlaştıkça potasyum yapraklardan ve diğer dokulardan meyveye taşınır. Bu nedenle, bitkisel dokularda ve çiçek tomurcuklarında yetersiz K, genellikle daha yoğun düşük sıcaklık stres duyarlılığına yol açar. Öte yandan, yetersiz K, meyvenin olgunlaşmasında gecikmeye neden olur ve hasat ile ilk öldürücü donma sıcaklığıyla karşılaşma arasındaki süreyi kısaltır [39]. K enzim aktivasyonu, protein sentezi, fotosentez, ozmoregülasyon, stoma hareketi, enerji transferi, floem taşınması, katyon-anyon dengesi ve stres direncinde önemli roller oynar [27]. Potasyum, bitki beslenmesinde önemli bir elementtir ve asmanın fizyolojik olarak önemli birçok sürecinde hayati bir rol oynar [30]. Asma bitkisi, çiçeklenme ve hasat arasında, diğer tüm besinlerden çok daha fazla K biriktirir [27].

Bu çalışmada yapraktan potasyum uygulamasının asmada don toleransına olan etkileri incelenmiştir. Örnek alımı ve testleme dönemleri bitkinin geçirdiği dormansiye geçiş, dormansi ve dormansiden çıkış dönemleri baz alınarak gerçekleştirilmiştir.

MATERYAL VE METOT

Materyal

Bu çalışmada Sakarya ili Pamukova ilçesinde, üretici bağında bulunan Kober 5BB anacı üzerine aşılı 8 yaşında Trakya İlkeren, 1103 Paulsen anacı üzerine aşılı 6 yaşında Michele Palieri ve 140 Ru anacı üzerine aşılı 4 yaşında Red Globe çeşitleri kullanılmıştır. Omcalara sulama, toprak işleme, yabancı ot kontrolü, bitki koruma ve bitki besleme işlemleri deneme alanında her bir omca için standart olarak uygulanmıştır. Üretim sezonu boyunca tüm omcalara aynı kültürel işlemler yapılmış, tüm omcalarda aynı sayıda göz bırakılmıştır. Ayrıca salkım seyreltme, yaprak alma ve koltuk alma gibi yaz budamaları tüm omcalarda aynı şekilde yapılmış ve eşit ürün yüklemesi yapılmıştır.

Metot

•*Potasyum Uygulaması:* Her bir çeşitten dört omcaya potasyum sülfat (K_2SO) yaprak gübresi uygulanmıştır. Uygulama %2 (w/v) konsantrasyon oranında hazırlanmış ve Haziran ayının ikinci haftasından başlayarak iki hafta aralıklarla 5 defa yapraktan uygulanmıştır [38]. Tüm çeşitler için yıllık standart gübreleme programı topraktan uygulanmıştır. Kontrol grubunu oluşturan omcalara herhangi bir uygulama yapılmamıştır. Uygulama sonrası çelikler üç ayrı (sonbahar, kış, ilkbahar) dönemde alınmış ve Diferansiyel Termal Analiz (DTA) testi ve biyokimyasal laboratuvar testleri gerçekleştirilmiştir.

•*Diferansiyel Termal Analiz (DTA):* Projenin materyalini oluşturan tüm bitkilere ait don testleri Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Diferansiyel Termal Analiz Laboratuvarı'nda gerçekleştirilmiştir. 5-6 gözlü alınan çeliklerdeki ilk 4 göz DTA testinde kullanılmış ve gözlerde 2 mm odunsu doku bırakılmıştır [1, 45, 28]. 9 termoelektrik modül (TEM) bulunan tablalardaki kuyucuklara ortadaki kuyucuk boş kalacak şekilde 8 göz yerleştirilmiştir. DTA test örnekleri TEM'lere izolasyon macunu sürülerek yerleştirildikten sonra tabla kapakları vidalarla sıkıştırılarak kapatılmıştır [22]. Tüm örnekler farklı

sıcaklık segmentlerine programlanabilir test kabini sayesinde 4°C/saatlik sıcaklık düşüş hızında -40°C'ye kadar sıcaklık düşürülerek test edilmiştir [28, 37, 22]. Tüm örnek gruplarının DTA testi sırasında TEM'lerden elde edilen elektriksel gerilim çıkışları anlık olarak bilgisayara kaydedilmiş ve her TEM tablasında bulunan bir termokapıl aracılığıyla kaydedilen sıcaklık değeri sayesinde düşük sıcaklık ekzotermlerinin meydana geldiği sıcaklık değerleri (LTE) belirlenmiştir. Gözlerin zarar görme durumlarına göre düşük sıcaklık ekzotermleri (LTE değerleri), ölçülen tepe noktalarından tomurcukların %50'si için öldürücü sıcaklık (LTE_{50}) [45] ölçümlerin ortalaması alınarak tespit edilmiştir [1, 28, 21].

Deneme deseninde potasyum uygulaması yapılan her bir çeşit için 3 tekerrür uygulanmış, 3 adet kuyucukta (her bir kuyucukta 8 göz olacak şekilde) 24 adet göz test edilmiştir. Kontrol için uygulama yapılmayan çelik örneklerindeki kış gözlerinde aynı sayıda tekerrür ve kış gözü kullanılmıştır.

•*Prolin Analizi:* Gözlerde bulunan prolin miktarının tespit etmek için Bates [3]'e göre analizler yapılmıştır. Asma gözleri razor bıçağı ile kesilip çıkarıldıktan sonra sıvı azotla karıştırılıp ezilerek toz haline getirilmiş ve %3 wt/vol oranında sulfosalisilik asitle karıştırılarak homojenize edilmiştir. Daha sonra whatman 2 no.lu filtre kağıdından filtre edilerek ninhydrin reagent (%60'lık asetik asit içinde %1 w/v ninhydrin olacak şekilde) eklenmiştir. Bu karışım 100°C'de 1 saat inkube edilmiş ve daha sonra buz üstünde soğutulmuştur. Karışıma 4 ml toluen eklenerek ve 15 sn. güçlü bir şekilde çalkalanmıştır. Toluen içeren kromofor, sulu fazdan aspire edilerek spektrofotometrede 520 nm absorbans okumaları gerçekleştirilmiştir. Kalibrasyon eğrisi oluşturmak için farklı dozajlarda prolin örneklerde olduğu gibi aynı kimyasal tepkimeye sokularak, 520 nm'de absorbansları okunmuş ve bu değerlerle kalibrasyon eğrisi oluşturularak örneklerdeki prolin konsantrasyonu belirlenmiştir.

•*Lipid Peroksidasyon Aktivitesi:* MDA analizleri Heath ve Parker [11]'e göre yapılmıştır. Analiz için 0.1 g asma gözü örneği alınarak boş bir havan içerisine konulmuş ve üzerine sıvı azot eklenerek asma gözleri toz halini alacak şekilde ezilmiştir. Ezilen gözler üzerine 2 ml %5'lik TCA'lik eklenerek tomurcuk içerisindeki MDA içeriğinin tampon çözeltisine geçmesi için iyice karıştırılmıştır. Ardından 2 ml'lik ependorf tüplerine karışım konulmuş ve 30 dk. santrifüj (soğutmalı) içerisinde 12000 rpm'de santrifüj edilmiştir. Ardından numuneler çıkarılarak 1 ml süpernatant alınmış ve üzerine 1 ml %0.6'lik TBA ilave edilerek cam tüplerin ağzı kapatılarak 90°C'lik su banyosunda yarım saat bekletilerek reaksiyona sokulmuştur. Çıkarılan örneklerde reaksiyonun durması için soğuk su banyosuna konulmuştur. Daha sonra 15 dk. 12000 rpm'de santrifüj edilmiş ve çıkarılan örneklerden 200 µl numune alınarak plate kuyucuklarına konulmuş ve 450, 532 ile 600 nm dalga boylarında spektrofotometrede okumalar gerçekleştirilmiştir. Kontrol için ise 2 ml tampon (içinde numune olmayan) ve 1 ml TCA ve 1 ml TBA kullanılmıştır. Analizler 3 tekerrürlü yapılmıştır.

Hesaplama;
$(nmol \cdot g^{-1}$ FW): [(6.45 × (532 nm – 600 nm) – (0.56 × 450 nm)] / 0.1 (FW) [48].

•*İndirgen Şeker Analizi:* İndirgen şeker analizi Ross (1959)'a [35] göre yapılmıştır. İndirgen şeker tayininde analiz için 0.2 g asma gözü örneği alınarak boş bir havan içerisine konulmuş ve üzerine sıvı azot eklenerek asma gözleri toz haline gelecek şekilde iyice ezilmiştir. Deney tüplerine konularak üzerine 0.2 ml %15'lik potasyum ferrosiyanit ve 0.2 ml %30'luk çinko sülfat çözeltisi ilave edilmiş, daha sonra distile su ile 10 ml'ye tamamlanmıştır. Elde edilen karışım filtre kâğıdından süzülerek hazırlanan süzüntülerden 0.5 ml alınmış üzerine 1.5 ml distile su ve 6 ml dinitrofenol eriyiği ilave edilmiştir. Bu işlemlerden sonra örnekler 100°C'deki su banyosunda 6 dakika tutulmuş ve akan suda 3 dakika soğutulmuştur. Örneklerin absorbans değerleri Hitachi marka spektrofotmetrede 600 nm'de ölçülmüştür. Şahit olarak 2 ml distile su ve 6 ml dinitrofenol eriyiği kullanılmıştır. İndirgen şeker analizi, lipid peroksidasyon aktivitesi ölçümü ve prolin analizi her bir çeşit için DTA testiyle eş zamanlı olarak 3 ayrı dönemde (sonbahar, kış, ilkbahar) yapılmıştır.

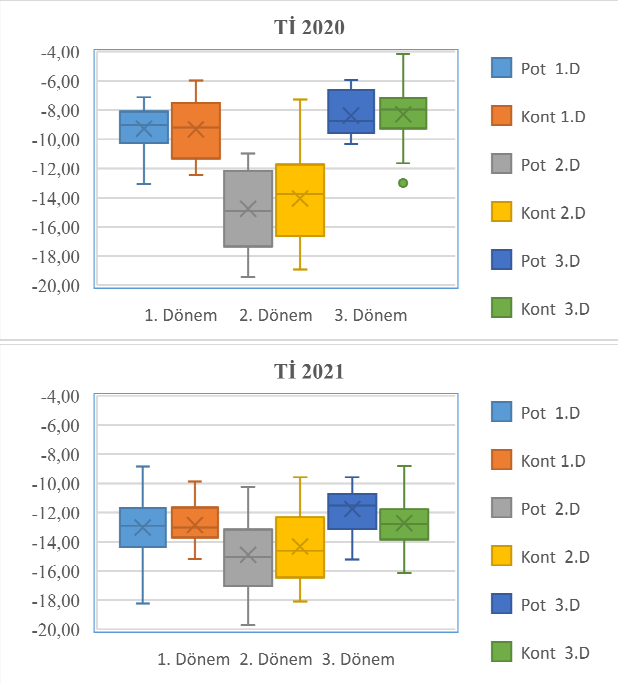
•*İstatiatiki Analiz:* Ölçülen LTE_{50} değerlerine ve biyokimyasal analiz verilerine istatistik uygulanmış, tüm veriler JMP istatistik programında değerlendirilmiş ve standart sapmalar belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen verilere varyans analizi uygulanmış, önemli çıkan ortalamalar çoklu karşılaştırma prosedürlerinden LSMeans Student's testi ile test edilerek değerlendirilmiştir. Anlamlılık değeri 0.05 alınmıştır. Çizelgelerde satır ve sütunlardaki farklı harfler istatistiksel açıdan anlamlı bir fark olduğunu göstermektedir.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Potasyum Uygulamasının Don Toleransına Etkisi

Kober 5BB anacı üzerine aşılı bulunan ve erkenci bir çeşit olan Tİ çeşidinde Q Plot analizine göre 2020 yılında LTE_{50} ölüm noktaları dönemlere göre büyük farklılık gösterirken, 2021 yılında dönemler arasındaki ölüm dereceleri arasındaki farklılık daha

azdır (Şekil 1). 2021 yılında sonbahar dönemi (1. dönem) ve ilkbahar dönemi (3. dönem) donma dereceleri 2020 yılında aynı dönemlerde gerçekleşen don derecelerinden daha düşüktür. Tİ çeşidinde potasyum uygulamasının yıllar bazında ve dönemlere göre don toleransında etkisinin olmadığını söylemek mümkündür. Uygulamalar arasında istatistiki açıdan farklılık tespit edilmemiştir (Şekil 1).

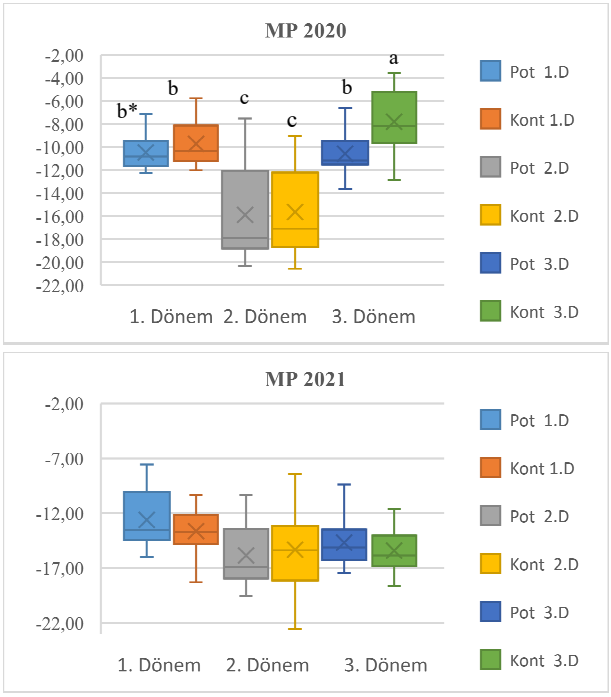


Şekil 1. Tİ 2020 ve 2021 yılları kış gözleri LTE_{50} donma sıcaklıkları (°C)

Figure 1. 2020 and 2021 years LTE_{50} (Low Temperature Exotherm) in Tİ winter buds

1103 Paulsen anacı üzerine aşılı bulunan ve geççi bir çeşit olan MP çeşidinde Q Plot analizine göre 2020 yılında LTE_{50} ölüm noktaları dönemlere göre ve uygulamalara göre farklılık göstermiştir. 2021 yılında dönemler arasındaki ölüm dereceleri arasındaki farklılık daha azdır. 2021 yılında sonbahar dönemi (1. dönem) ve ilkbahar dönemi (3. dönem) donma dereceleri 2020 yılında aynı dönemlerde gerçekleşen don derecelerinden daha düşüktür (Şekil 2). 2020 yılı 1. ve 2. dönemlerinde potasyum uygulamasının don toleransına etkisi gözlenmezken, 3. dönemde potasyum uygulamasının kontrole göre 2.57°C don toleransında artış sağladığı belirlenmiştir. 2021 yılında 1. dönem ve 3. dönemlerinde gerçekleşen donma derecelerinin, 2020 yılının aynı dönemlerinde gerçekleşen donma derecelerinden daha düşük olduğu Şekil 2'de gösterilmektedir. 2021 yılında MP çeşidinde potasyum uygulamasının yıllar bazında ve dönemlere göre don toleransında etkisi bakımından uygulamalar arasında istatistiki farklılık tespit edilmemiştir (Şekil 2-b).

140 Rugeri anacı üzerine aşılı bulunan ve geççi bir çeşit olan RG çeşidinde Q Plot analizine göre 2020 ve 2021 yıllarında LTE_{50} ölüm noktaları, dönemlere ve uygulamalara göre farklılık göstermiştir (Şekil 3). 2021 yılında sonbahar dönemi (1. dönem) ve ilkbahar dönemi (3. dönem) donma dereceleri 2020 yılında aynı dönemlerde gerçekleşen don derecelerinden daha düşüktür. 2020 yılı 2. döneminde kontrol grubunu oluşturan kış gözlerinde potasyum uygulamasına göre 1.77°C daha düşük don dereceleri belirlenmiş, aynı yıl ilkbahar döneminde potasyum uygulamasının don toleransını 1.13°C arttırdığı saptanmıştır (Şekil 3-a).



*%5 ihtimal seviyesinde önemlidir.

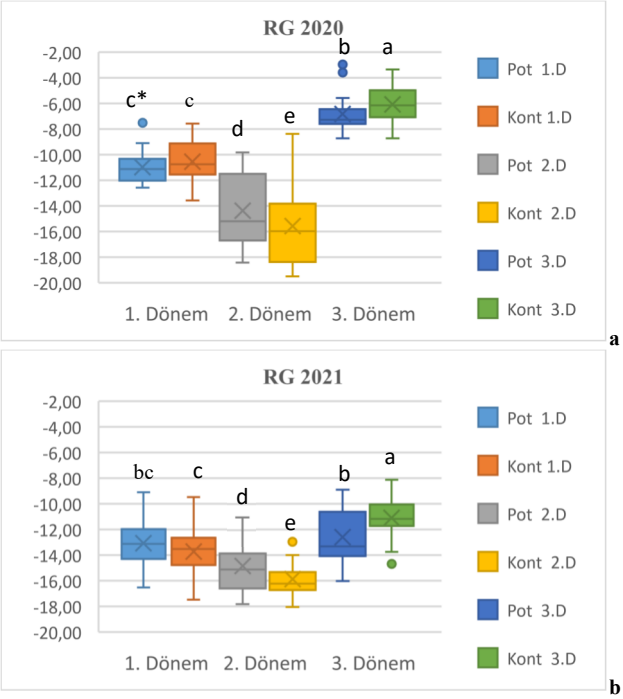
Şekil 2. MP 2020 ve 2021 yılları kış gözleri LTE_{50} donma sıcaklıkları (°C)

Figure 2. 2020 and 2021 years LTE_{50} (Low Temperature Exotherm) in MP winter buds

2021 yılında da aynı şekilde 2. dönem kontrol grubu ölüm noktalarında potasyum uygulamasına göre daha düşük sıcaklıklar tespit edilirken, 3. dönemde potasyum uygulamasının don toleransını 1.48°C arttırdığı belirlenmiştir (Şekil 3-b). 2021 yılı 1. döneminde kontrol grubundaki kış gözlerinde, potasyum uygulamasına göre 0.64°C daha düşük ölüm sıcaklıkları belirlendiği Şekil 3-b'de gösterilmektedir.

Erkenci bir çeşit olan Tİ'de her iki yılda potasyum uygulamasının don toleransına etkisi gözlenmezken (Şekil 1), MP için 2020 yılı ve RG için her iki yılın

ilkbahar döneminde potasyum uygulaması don toleransını arttırmıştır (Şekil 2-a, Şekil 3). Potasyum ilavesiyle bitkinin donma direncinin arttırılması, fosfolipidlerdeki artış, membran geçirgenliği ve hücrenin biyofiziksel ve biyokimyasal özelliklerinde iyileşme ile ilişkili olabilir[10]. Asmada potasyum uygulamasının yapıldığı pek çok çalışma da potasyumun dona karşı koruyucu etkisine vurgu yapmıştır. Bağ tesis ederken dikim öncesi K^+ uygulamasının asmada soğuğa dayanıklılık üzerindeki etkilerini araştırılmış ve gübreleme uygulanmış asmalarda tomurcuk hayatta kalma oranının daha yüksek olduğu belirlenmiştir [23]. Potasyum sülfatın yapraktan uygulanmasının Vitis vinifera'nın don toleransında önemli bir rol oynadığı tespit edilmiştir [38, 19]. Ershadi [6]'ye göre Potasyum, asmanın verim artışında ve meyve kalitesinin iyileştirilmesinde etkili besinlerden biridir ve bu element, çubuklarda daha yüksek soğuğa toleransa yol açan karbonhidrat translokasyonu ve depolanmasında ana role sahiptir.



*%5 ihtimal seviyesinde önemlidir.

Şekil 3. RG 2020 ve 2021 yılları kış gözleri LTE_{50} donma sıcaklıkları (°C)

Figure 3. 2020 and 2021 years LTE_{50} (Low Temperature Exotherm) in RG winter buds

Asma bitkisi gibi başka pek çok bitkide de potasyumun dona dayanım üzerindeki etkileri incelenmiş ve genel olarak don dayanımını arttırdığı ortak sonucu bildirilmiştir. Potasyumun domates, biber ve patlıcan fidelerinde düşük sıcaklık stres toleransını iyileştirdiği belirlenmiştir [10]. Yiğit ve Güleryüz [47] tarafından yapılan ve Kütahya vişnesinde potasyum sülfat gübrelemesinin soğuğa dayanım üzerindeki etkilerini incelediği çalışmada, potasyumun bitkilerdeki dayanıklılığı karbonhidrat metabolizmasını etkileyerek arttırdığı, uygun dozlarda uygulanan potasyumlu gübrelerin bitki dokusunda şeker birikimini ve ozmotik basıncı arttırmak suretiyle donma noktasını daha düşük sıcaklıklara çektiğini belirlemiştir. Başka bir çalışmada da limon ve şeftalide potasyum uygulamasının sürgünlerde pişkinleşmeye katkı sağlayarak soğuğa dayanıklılığı artırdığı belirlenmiştir [4].

Potasyum uygulamasıyla don tolerans artışının ilkbahar (deaklimasyon) döneminde meydana gelmesi, bitkinin bu dönem soğuk zararına daha duyarlı olması ve biyokimyasal yapısındaki değişimlerin yoğun olarak bu dönemde gerçekleşmesi bitkinin potasyum eksikliğinde ilkbahar geç donlarından daha fazla etkilenebileceğini ortaya koymaktadır. Nitekim donma/erime stresi sonucu hücrelerde iyon kaybı belirlenmiş ve bu durum membran geçirgenliğinin kaybolmasına neden olmuştur. Don zararı olan hücrelerden kaybolan ana katyon potasyumdur [33]. Çiçek dokuları dona karşı özellikle hassastır ve K+, gelişimin bu erken, hassas aşamasında önemli bir ozmotik maddedir [5].

Potasyum Uygulamasının Biyokimyasal Değişime Etkisi

•*Prolin:* 2020 yılı sonbahar döneminde Tİ ve MP çeşitlerinde hiç prolin elde edilmezken, RG çeşidinde yalnızca potasyum uygulamasında prolin tespit edilmiştir (Çizelge 1). 2020 yılında en yüksek prolin miktarları kış döneminde tespit edilmiştir. Jiang vd. [18]'de çalışmalarında asma çubuklarındaki prolin miktarı kış döneminde yüksek miktarlarda tespit edilmiş, onu ilkbahar dönemi takip etmiş, en düşük prolin miktarı sonbahar döneminde tespit edilmiştir, bu veriler 2020 yılında tespit edilen prolin miktarlarıyla uyumludur. 2020 yılında Tİ ve MP çeşitlerinde kontrol uygulamasında daha yüksek miktarlarda prolin saptanmıştır (Çizelge 1). RG çeşidinde ise 1. ve 2. dönemlerde potasyum uygulamasında daha yüksek prolin miktarı tespit edilirken, ilkbahar döneminde kontrol grubundaki kış gözlerinde daha yüksek miktarda prolin belirlenmiştir. 2021 yılında ise en yüksek prolin miktarları ilkbahar döneminde tespit edilmiştir. En düşük prolin miktarları Tİ'de kış döneminde, MP ve RG de ise sonbahar döneminde saptanmıştır. Ayrıca ilkbahar döneminde MP ve RG çeşitlerinde potasyum uygulamasında daha yüksek prolin tespit edilirken, Tİ çeşidinde kontrol uygulamasında daha yüksek

miktarda prolin tespit edildiği Çizelge 1'de gösterilmektedir.

Çizelge 1. Yıllara, dönemlere ve çeşitlere göre kış gözlerindeki prolin miktarı (µg g^{-1})[z]

Table 1. According to years, periods and cultivars prolin content in winter buds (µg g^{-1})[z]

Yıl	Dönem	Uygulama	Tİ	MP	RG
2020	1	Potasyum			2.91±0.12 e
		Kontrol			
	2	Potasyum	9.00±0.25 b*	11.95±0.13 a	18.46±0.22 a
		Kontrol	18.93±0.72 a	12.25±0.17 a	5.92±0.13 d
	3	Potasyum	6.92±0.2 c	8.02±0.17 c	10.11±0.12 c
		Kontrol	8.31±0.73 b	9.51±0.25 b	14.98±0.15 b
CV			0.046	0.018	0.016
2021	1	Potasyum	2.95±0.1 c	0.91±0.02 d	1.05±0.02 e
		Kontrol	1.76±0.11 d	0.93±0.33 d	1.89±0.02 d
	2	Potasyum	0.12±0.06 f	3.68±0.19 c	2.7±0.17 b
		Kontrol	1.22±0.04 e	3.39±0.06 c	2.91±0.15 b
	3	Potasyum	4.75±0.18 b	8.53±0.12 a	8.33±0.01 a
		Kontrol	8.12±0.18 a	7.85±0.14 b	2.27±0.15 c
CV			0.037	0.041	0.046

[z]Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır.

[z]Mean separation within columns by LSMeans Student's multiple test at, 0.05 level.

Sarıkhani [38], materyal olarak asma kış gözü kullandıkları çalışmada, üç farklı dozda yapraktan potasyum uygulaması (%0.5, %1, %2) gerçekleştirmişler, tam dayanım dönemi başı ve sonunda olmak üzere iki farklı dönemde alınan örneklerde, %2'lik potasyum konsantrasyon oranının kontrole göre 4 ila 5 kat prolin miktarını arttırdığını belirlemişlerdir. Saadati [36], zeytinde yapmış oldukları çalışmada %2 konsantrasyonlu potasyum uygulamasının don toleransını arttırdığını, çözünebilir şeker ve prolin miktarında da artış sağladığını belirlemişlerdir. Yapılan diğer bazı çalışmalarda da ayçiçeği bitkisinde [17], İngiliz çiminde [42], maş fasulyesinde [43] potasyum uygulamasının yapraklardaki prolin miktarını arttırdığı bildirilmiştir. Çalışmamızda potasyum uygulamasının kış gözlerindeki prolin miktarına etkisi yıllara, çeşitlere ve dönemlere göre değişim göstermiştir ancak uygulamanın gözlerdeki prolin miktarını arttırdığına dair bulgu saptanmamıştır (Çizelge 1).

•*Lipid Peroksidasyon Aktivitesi:* 2020 yılında tespit edilen MDA miktarlarının dönem bazındaki değişimi çeşitlere göre belirlenen farklılık Çizelge 2'de gösterilmektedir. RG çeşidinde dönem bazında uygulamalar arasında farklılık belirlenmezken, Tİ'de tüm dönemlerde kontrol uygulamasında daha yüksek miktarda MDA saptanmıştır. MP çeşidinde ise sonbahar ve kış döneminde potasyum uygulamasında, ilkbahar döneminde ise kontrol grubu kış gözlerinde daha yüksek miktarda MDA tespit edilmiştir. 2021 yılında ise tüm çeşitlerde dönem bazında miktarda değişim gözlenmiş, Tİ çeşidinde kış döneminde kontrol grubunda daha yüksek MDA tespit edilirken, ilkbahar döneminde potasyum uygulamasında daha yüksek miktarda MDA saptanmıştır. MP'de ise sonbahar ve kış dönemlerinde potasyum uygulamasında daha yüksek MDA belirlenirken, İlkbahar döneminde kontrol grubunda daha yüksek miktarlarda tespit edilmiştir. RG çeşidinde ise sonbahar ve ilkbahar döneminde potasyum uygulamasında daha yüksek miktarda MDA saptanmıştır (Çizelge 2).

Çizelge 2. Yıllara, dönemlere ve çeşitlere göre kış gözlerindeki MDA miktarı (nmol g-1)[z]

Table 2. According to years, periods and cultivars MDA content in winter buds (nmol g^{-1})[z]

Yıl	Dönem	Uygulama	Tİ	MP	RG
2020	1	Potasyum	3.13±0.46 b*	4.96±0.36 a	4.12±0.11
		Kontrol	4.47±0.36 a	3.49±0.24 b	2.53±0.08
	2	Potasyum	0.73±0.48 c	3.82±0.11 b	3.82±0.11
		Kontrol	3.84±0.42 ab	2.15±0.52 c	2.15±0.52
	3	Potasyum	3.43±0.46 b	1.18±0.56 d	3.51±0.58
		Kontrol	3.59±0.53 ab	3.36±0.41 b	1.77±0.01
CV			0.151	0.119	Ö.D
2021	1	Potasyum	4.93±0.07 b	4.60±0.26 c	4.12±0.43 b
		Kontrol	5.22±0.23 b	3.85±0.19 d	3.67±0.26 b
	2	Potasyum	3.55±0.177 c	5.23±0.2 b	5.43±0.39 a
		Kontrol	5.21±0.297 b	4.90±0.29 bc	5.66±0.14 a
	3	Potasyum	6.36±0.05 a	4.62±0.07 c	5.19±0.14 a
		Kontrol	3.80±0.16 c	6.61±0.35 a	3.98±0.22 b
CV			0.037	0.049	0.061

[z]Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır. ÖD: Önemli Değil.

[z]Mean separation within columns by LSMeans Student's multiple test at, 0.05 level. N.S.: Nonsignificant

Bitkilerde don etkisiyle zarar gören ilk organ hücre zarıdır [14, 13]. Soğuk stresi, lipitlerin sıvı kristal fazdan jel faza membranlardan geçişi ile membran geçirgenliğinin bozulmasına neden olur [25]. MDA bitki hücre zarındaki lipid peroksidasyonunun son ürünü olarak kabul edilmekte [29] ve biyolojik materyallerde lipid peroksidasyon seviyesinin ölçümünde indikatör olarak kullanılmaktadır [46, 9]. Potasyum uygulanan bakla bitkisinde MDA miktarı kontrole göre azalış göstermiştir [40]. Zeytinde 3 farklı dozda yapılan potasyum uygulamasının, potasyum konsantrasyonu arttıkça MDA miktarını azalttığı bildirilmiştir [36]. Çalışmamızda 2021 yılı tüm çeşitlerde ve tüm dönemlerde elde edilen MDA miktarları 2020 yılında belirlenen miktarlardan daha yüksektir (Çizelge 2), aynı zamanda LTE_{50} donma sıcaklıkları incelendiğinde 2021 yılı don derecelerinin 2020 yılında tespit edilenlerden daha düşük gerçekleştiği görülmektedir (Şekil 1, 2 ve 3). Membranların lipid peroksidasyonu ve MDA gibi bozunma ürünlerinin tespiti, bitkilerde farklı çevresel stres faktörlerine

yanıt olarak stres etkisinin derecesini dikkate almak için genel bir kavramdır.

•*İndirgen Şeker:* 2020 yılında dönem bazında uygulamalara göre indirgen şeker miktarları MP ve RG çeşidinde farklılık göstermiştir (Çizelge 3). Her iki çeşitte de sonbahar döneminde potasyum uygulamasında daha yüksek miktarlarda indirgen şeker tespit edilirken, kış döneminde kontrol grubunda daha yüksek belirlenmiştir. RG çeşidinde ilkbahar döneminde yalnızca potasyum uygulamasında indirgen şeker tespit edilmiştir. 2021 yılında ise Tİ ve MP çeşitlerinde dönem bazında uygulamalar arasında farklılık görülmüştür. Tİ'de kış döneminde kontrol grubunda daha yüksek miktarda indirgen şeker tespit edilmiştir. MP çeşidinde ise tüm dönemlerde potasyum uygulamasında daha yüksek miktarda şeker birikiminin gerçekleştiği belirlenmiştir (Çizelge 3).

Çizelge 3. Yıllara, dönemlere ve çeşitlere göre kış gözlerindeki indirgen şeker miktarı (mg g^{-1})[z]

Table 3. According to years, periods and cultivars reduced sugar content in winter buds (mg g^{-1})[z]

Yıl	Dönem	Uygulama	Tİ	MP	RG
2020	1	Potasyum	4.66±0.11	4.16±0.27 c*	3.70±0.12 c
		Kontrol	4.82±0.1	3.6±0.21 d	3.43±0.13 d
	2	Potasyum	6.51±0.30	5.52±0.2 b	4.76±0.14 b
		Kontrol	6.63±0.15	6.39±0.25 a	5.28±0.05 a
	3	Potasyum	1.03±0.08	1.71±0.13 e	1.28±0.05 e
		Kontrol	1.02±0.13	2.11±0.13 e	
CV			Ö.D.	0.054	0.029
2021	1	Potasyum	2.97±0.01 c	2.03±0.01 d	1.44±0.09
		Kontrol	2.85±0.02 c	1.53±0.19 e	1.36±0.01
	2	Potasyum	4.09±0.06 b	4.16±0.2 a	1.97±0.08
		Kontrol	5.39±0.17 a	3.28±0.29 b	1.81±0.03
	3	Potasyum	0.59±0.1 d	2.17±0.07 c	
		Kontrol	0.65±0.17 d	0.7±0.35 f	
CV			0.034	0.012	Ö.D

[z]Aynı sütunda farklı harflerle ifade edilen ortalamalar arasında %5 düzeyinde farklılık vardır. ÖD: Önemli Değil.

[z]*Mean separation within columns by LSMeans Student's multiple test at, 0.05 level. N.S.: Nonsignificant*

Karimi [19]'de bildirildiğine göre yapraktan yapılan potasyum uygulamasının Kasım, Ocak, Mart ve Mayıs aylarında alınan kış gözü örneklerindeki glikoz ve früktoz miktarları, uygulama yapılmayan örneklerdeki miktardan değişen oranlarda daha yüksektir. Çalışmada ayrıca %3'lük konsantrasyonun en yüksek glikoz + früktoz birikimini sağlayan uygulama olduğu bildirilmiştir. Asma kış gözlerinde yapılan bir diğer çalışmada da %2 potasyum konsantrasyonlu yaprak uygulamasının kış gözlerindeki çözünebilir karbonhidrat oranını, uygulama yapılmayanlara göre 1.5 ila 2 kat arttırdığı belirlenmiştir [38]. Üzümde meyve şeker içeriğinin araştırıldığı başka bir araştırmada ise potasyum uygulamasının meyve glikoz ve früktoz içeriğinde azalış gerçekleştirdiği tespit edilmiştir [49]. Potasyum silikat uygulamasının yapıldığı başka bir çalışmada da çilekte glikoz ve früktoz miktarında azalışa neden olduğu bildirilmiştir [44]. Çalışmamızda potasyum uygulamasının indirgen şeker (glikoz + früktoz + maltoz) içeriğine etkisi çeşitlere ve dönemlere göre değişkenlik göstermekle birlikte, uygulamanın indirgen şeker içeriğini arttırdığına ya da azalttığına dair bir bulgu elde edilmemiştir (Çizelge 3).

SONUÇ

İlkbaharda deaklimasyon dönemi, donma ve erimenin gerçekleşmesi nedeniyle hücre membran geçirgenliğinin azaldığı ve don zararının en şiddetli etkilerinin gözlendiği dönem olarak bilinmektedir. Potasyumun membran geçirgenliğinde artış sağlaması ve bitkinin biyokimyasal yapısını soğuk zararına karşı koruyucu olacak şekilde düzenlemesi, bu elementin soğuk stresindeki güçlü etkisini ortaya koymaktadır. Potasyum uygulamasının ilkbahar döneminde özellikle MP ve RG çeşitlerinde don toleransında etkili olduğu bu çalışmayla ortaya konulmuştur. Bu çalışmada potasyum uygulamasının biyokimyasal içeriğe etkisiyle ilgili bulgu elde edilememiştir. Ancak incelenen don parametrelerinin ve biyokimyasalların yıllara, dönemlere ve çeşitlere göre değişiklik gösterdiği bu çalışmayla bir kez daha ortaya konulmuştur. Önceki çalışmalarda asma don toleransında etkili olabilecek pek çok biyokimyasal madde araştırılmıştır (aminoasitler, enzimler, şeker ve karbonhidrat grupları vb.) ancak potasyumun asma bitkisinin biyokimyasal yapısında meydana getirdiği değişiklikler ve don toleransı ilişkisine yönelik çalışma sayısı oldukça kısıtlıdır.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma TAGEM/BBAD/A/21/A1/P6/2477 numaralı projenin bir bölümüdür. Desteklerinden dolayı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü'ne teşekkürlerimi sunarım. Potasyum temini için Hekagro Solutions'a teşekkürler.

KAYNAKLAR

1. Andrews, P.K., Sandidge, C.R. Toyama, T.K. 1984. Deep supercooling of dormant and deacclimating Vitis buds. Am. J. Enol. Vitic. 35:175-177.
2. Antivilo, F.G., Paz, R.C., Echeverria, M., Keller, M., Tognetti, J., Borgo, R., Juñent, F.R., 2018. Thermal history parameters drive changes in physiology and cold hardiness of 148 young

grapevine plants during winter Agr. For. Meteorol. 262:227-236.
3. Bates, L.S. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil 39:205-207.
4. Burak, M., 1989. Marmara bölgesinde yetiştirilen önemli bazı şeftali çeşitlerinin dona dayanımları üzerinde araştırmalar. Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü, Yalova (Doktora Tezi), 125s.
5. Eifert, A., Eifert, J. 1976. Relationships between potassium supply, yield of grapes, and frost resistance in vines. Potash Rev, 10:1-6.
6. Ershadi, A., Karimi, R., Mahdei, K.N. 2016. Freezing tolerance and its relationship with soluble carbohydrates, proline and water content in 12 grapevine cultivars. Acta Physiologiae Plantarum, 38(1):1-10.
7. Evans, R.A. 2000. Reusable hot/cold therapeutic compress appliance. U.S. Patent No.6, 083, 254. Washington, DC: U.S. Patent and Trademark Office.
8. Fennell, A. 2004., Freezing tolerance and injury in grapevines. In Adaptations and Responses of Woody Plants to Environmental Stresses. R. Arora (Ed.), pp:201-235. Hawthorn Press, Binghamton, NY.
9. Guo, T.R., Yao, P.C., Zhang, Z.D., Wang, J.J., Mei, W., 2012. Involvement of antioxidative defense system in rice seedlings exposed to aluminum toxicity and phosphorus deficiency. Rice Science, 19(3):207-212.
10. Hakerlerler, H., Oktay, M., Eryuce, N., Yagmur, B. 1997. Effect of potassium sources on the chilling tolerance of some vegetable seedlings grown in hotbeds. In Food Security in the WANA Region, the Essential Need for Balanced Fertilization; Johnston, A.E., Ed.; International Potash Institute: Basel, Switzerland, pp:353-359.
11. Heath, R.L., Packer L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts: kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Arch Biochem Biophys 125:189-198.
12. Hellman, E.W. 2003. Grapevine structure and function. Oregon Viticulture. Hellman, EW (Ed.). Oregon State University Press, Corvallis, 5-19.
13. Hendry, G.A., Grime, J.P. 1993. Methods in comparative plant ecology: a laboratory manual. Springer Science & Business Media.
14. Hodgson, R.A., Raison, J.K. 1991. Lipid peroxidation and superoxide dismutase activity in relation to photo inhibition induced by chilling in moderate light. Planta, 185(2):215-219.
15. Holaday, A.S., Martindale, W., Alred, R., Brooks, A.L., Leegood, R.C. 1992. Changes in activities of enzymes of carbon metabolism in leaves during exposure of plants to low temperature. Plant Physiology 98(3):1105-1114.
16. Howell, G.S., Shaulis, N. 2000. Grapevine cold hardiness: Mechanisms of cold acclimation, mid-winter hardiness mainternance and spring deaclimation. Department of Horticulture, Michigan State University, East Lansing, Ml 48824-1325.
17. Jan, A.U., Hadi, F. 2015. Potassium, zinc and gibberellic acid foliar application enhanced salinity stress tolerance, proline and total phenolic in sunflower (*Helianthus annuus* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 15:1835-1844.
18. Jiang, H.Y., Li, W., He, B.J., Gao, Y.H., Lu, J.X. 2014. Sucrose metabolism in grape (*Vitis vinifera* L.) branches under low temperature during overwintering covered with soil. Plant growth regulation, 72(3):229-238.
19. Karimi, R. 2017. Potassium-induced freezing tolerance is associated with endogenous abscisic acid, polyamines and soluble sugars changes in grapevine. Scientia Horticulturae 215:184-194.
20. Kaya, Ö., Köse, C. 2017. Determination of resistance to low temperatures of winter buds on lateral shoot present in Karaerik (*Vitis vinifera* L.) grape cultivar. Acta Physiologiae Plantarum 39(9):1-9.
21. Kaya, Ö., Köse, C. 2018. Düşük sıcaklık zararının asma üzerindeki etkileri. YYU J. Agr. Sci., 28(2):241-253.
22. Kaya, O., Kose, C., 2019. Cell death point in flower organs of some apricot (*Prunus armeniaca* L.) cultivars at subzero temperatures. Sci. Hort. 249:299-305.
23. Khristov, K., Lazaroz, I. 1994. Effect of the preplanting reserve fertilization on vine cold resistance. Rastenievudni Nauki, Sofia, 31:117-120. Russian with English Summary.
24. Köse, C., Güleryüz M., 2009. Üzümlü ilçesi (Erzincan) Karaerik üzüm bağlarında 2007-2008 kış soğuklarının kış gözlerinde yol açtığı zararlar. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 40(1):55-60.
25. Liu, X. Y., Li, B., Yang, J.H., Sui, N., Yang, X.M., Meng, Q.W. 2008. Overexpression of tomato chloroplast omega-3 fatty acid desaturase gene alleviates the photo inhibition of photosystems 2 and 1 under chilling stress. Photosynthesis 46(2):185-192.
26. Liu, H., Ouyang, B., Zhang, J., Wang, T., Li, H., Zhang, Y., Yu, C., Ye, Z. 2012. Differential modulation of photosynthesis, signaling, and transcriptional regulation between tolerant and

sensitive tomato genotypes under cold stress. PloS one, 7(11):e50785.
27. Marschner, P. 2012. Marschner's mineral nutrition of higher plants. 3. ed.; Academic Press: London, UK, pp:178-189.
28. Mills, L.J., Ferguson, J.C., Keller, M. 2006. Cold-hardiness evaluation of grapevine buds and cane tissues. American Journal of Enology and Viticulture, 57(2):194-200.
29. Mittler, R. 2002. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. Trends in Plant Science, 7:405-410.
30. Mpelasoka, B.S., Schachtman, D.P., Treeby, M.T., Thomas, M.R. 2003. A review of potassium nutrition in grapevines with special emphasis on berry accumulation. Australian Journal of Grape and Wine Research, 9(3):154-168.
31. Nayyar, H., Kaur, G., Kumar, S., Upadhyaya, H.D. 2007. Low temperature effects during seed filling on chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.): probing mechanisms affecting seed reserves and yield. Journal of Agronomy and Crop Science, 193(5):336-344.
32. Orvar, B.L., Sangwan, V., Omann, F., Dhindsa, R.S. 2000. Early steps in cold sensing by plant cells: the role of actin cytoskeleton and membrane fluidity. Plant J. 23:785-794.
33. Pukacki, P., Pukacka, S. 1987. Freezing stress and membrane injury of Norway spruce (*Picea abies*) tissues. Physiologia Plantarum 69(1):156-160.
34. Rapacz M. 1998. The effects of day and night temperatures during early growth of winter rape seedlings on their morphology and cold acclimation responses. Acta Physiol. Plant., in this issue.
35. Ross, A.F. 1959. Dinitrophenol method for reducing sugar Potato Processing. (Ed: W.F. Talburt). The AVI Publishing Com. Inc., Wesport, Connecticut. pp:469-470.
36. Saadati, S., Baninasab, B., Mobli, M., Gholami, M. 2021. Foliar application of potassium to improve the freezing tolerance of olive leaves by increasing some osmolite compounds and antioxidant activity. Scientia Horticulturae, 276:109765.
37. Salazar-Gutierrez, M.R., Chaves, B., Anothai, J., Whiting, M., Hoogenboom G. 2014. Variation in cold hardiness of sweet cherry flower buds through different phenological stages. Scientia Horticulturae, 172:161-167.
38. Sarikhani, H., Haghi, H., Ershadi, A., Esna-Ashari, M., Pouya, M. 2014. Foliar application of potassium sulphate enhances the cold hardiness of grapevine (*Vitis vinifera* L.). J. Hort. Sci. Biotechnol. 89(2):141-146.
39. Schupp, J.R., Cheng, L., Stiles, W.C., Stover, E.D., Iungerman, K. 2001. Mineral nutrition as a factor in cold tolerance of apple trees. NY Fruit Q 9:9-11.
40. Siddiqui, M.H., Al-Whaibi, M.H., Sakran, A.M., Basalah, M.O., Ali, H.M. 2012. Effect of calcium and potassium on antioxidant system of *Vicia faba* L. under cadmium stress. International Journal of Molecular Sciences, 13(6):6604-6619.
41. Sillmann, J., Thorarinsdottir, T., Keenlyside, N., Schaller, N., Alexander L.V., Hegerl, G. Seneviratne S.I., Vautard, R., Zhang, X., Zwiers F.W. 2017. Understanding, modeling and predicting weather and climate extremes: challenges and opportunities Weather Clim. Extrem., 18:65-74 (10.1016/j.wace.2017.10.003).
42. Tabatabaei, S.J., Fakhrzad, F. 2008. Foliar and soil application of potassium nitrate affects the tolerance of salinity and canopy growth of perennial ryegrass (*Lolium perenne* var. Boulevard). American Journal of Agricultural and Biological Sciences, 3(3):544-550.
43. Thalooth, A.T., Tawfik, M.M., Mohamed, H.M. 2006. A comparative study on the effect of foliar application of zinc, potassium and magnesium on growth, yield and some chemical constituents of mungbean plants grown under water stress conditions. World Journal of Agricultural Sciences, 2(1):37-46.
44. Wang, S.Y., Galletta, G.J. 1998. Foliar application of potassium silicate induces metabolic changes in strawberry plants. Journal of Plant Nutrition, 21(1):157-167.
45. Wolf, T.K., Pool, R.M. 1987. Factors affecting exotherm detection in the differential thermal analysis of grapevine dormant buds. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 112:520-525.
46. Yaman, S.O., Ayhanci, A. 2021. Lipid peroxidation. In (Ed.) Accenting Lipid Peroxidation. IntechOpen. (doi.org/10.5772/intechopen.95802).
47. Yiğit, D., Güleryüz, M. 1995. Farklı doz ve derinliklerde uygulanan potasyumun sülfat gübresinin Kütahya vişne çeşidinin soğuğa dayanımına etkisi üzerinde bir araştırma. 2. Bahçe Bitkileri Kongresi I, 253-258.
48. Zhang, Y., Dami, I.E. 2012. Improving freezing tolerance of 'Chambourcin' grapevines with exogenous abscisic acid. Hort. Sci. 47:1750-1757.
49. Zlámalová, T., Elbl, J., Baroň, M., Bělíková, H., Lampíř L., Hlušek J., Lošák T. 2015. Using foliar applications of magnesium and potassium to improve yields and some qualitative parameters of vine grapes (*Vitis vinifera* L.). Plant Soil Environ. 61:451-457.