

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**STRİGOLAKTON UYGULAMALARININ ASMA FİDAN
RANDİMAN VE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Emin POLAT
Danışman: Prof. Dr. Nurhan KESKİN
İkinci Danışman: Doç. Dr. Adem YAĞCI

VAN – 2025

T.C.
VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**STRİGOLAKTON UYGULAMALARININ ASMA FİDAN
RANDİMAN VE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Emin POLAT

Tez Savunma Sınavı Jüri Üyeleri

Dr. Öğr. Üyesi Adnan DOĞAN (Başkan)

Prof. Dr. Nurhan KESKİN (Danışman)

Doç. Dr. Seda SUCU (Üye)

Bu çalışma Van YYÜ Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından
FYL-2024-10972 No'lu proje ile desteklenmiştir.

KABUL VE ONAY SAYFASI

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı'nda Prof. Dr. Nurhan KESKİN ve Doç. Dr. Adem YAĞCI danışmanlığında Mehmet Emin POLAT tarafından sunulan "Strigolakton Uygulamalarının Asma Fidan Randıman ve Kalitesi Üzerine Etkileri" başlıklı bu çalışma Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği'nin ilgili hükümleri gereğince 22 /05 /2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile başarılı bulunmuş ve Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Başkan: Dr. Öğr. Üyesi Adnan DOĞAN

İmza:

Üye: Prof. Dr. Nurhan KESKİN

İmza:

Üye: Doç. Dr. Seda SUCU

İmza:

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun /.... /..... tarih ve sayılı kararı ile onaylanmıştır.

İmza

Prof. Dr. Harun AKKUŞ
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

İmza

Mehmet Emin POLAT



ÖZET

STRİGOLAKTON UYGULAMALARININ ASMA FİDAN RANDIMAN VE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

POLAT, Mehmet Emin
Yüksek Lisans Tezi, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Nurhan KESKİN
İkinci Danışman: Doç. Dr. Adem YAĞCI
Temmuz 2025, 49 sayfa

Bu çalışmada, Narince/110R aşu kombinasyonu için sera koşullarında tüplü fidan üretiminde, farklı dozlarda uygulanan GR24 (sentetik strigolakton analogu) ve 2000 ppm dozunda uygulanan IBA (indol-3-bütirik asit) hormonlarının kök ve sürgün gelişimi ile fidan randımanı üzerindeki bireysel ve kombinasyon etkileri değerlendirilmiştir. Aşılama işlemi mart ayında masa başında omega kesit yöntemiyle gerçekleştirilmiş, ardından çelikler 74-76°C sıcaklıkta parafinle kaplanarak çam talaşı içeren kasalara yerleştirilmiştir. Aşılı çelikler; %85-95 bağıl nem oranı ve 6-12 saatte bir havalandırma sağlanan kaynaştırma odasında, sırasıyla 28-29°C'de 3 gün, 25-26°C'de 15 gün ve 22-24°C'de 3 gün süreyle bekletilmiştir. Oda koşullarında belirli bir süre bekletilen aşılı çeliklerde kallus dokusunda renk değişimi gözlemlendiğinde, ikinci parafinleme işlemi uygulanmıştır. Kallus gelişimi %75'in üzerinde olan aşılı çeliklere, dikim öncesinde hızlı daldırma yöntemiyle (10 saniye) GR24 ve 2000 ppm IBA uygulamaları bireysel ve kombine gerçekleştirilmiştir. Ardından çelikler, önceden hazırlanmış 12×20 cm boyutlarında, %2 UV katkıli siyah polietilen torbalara dikilmiştir. Torbalarda harç materyali olarak 1:1 oranında karıştırılmış perlit ve torf kullanılmıştır. Çalışmada; kallus ve kök gelişim düzeyi, fidan randımanı (%), kök ve sürgün uzunluğu (cm), kök ve yaprak (boğum) sayısı (adet), kök yaş ve kuru ağırlığı (g), sürgün yaş ve kuru ağırlığı (g) ile kök ve sürgün kuru madde oranı (%) gibi özellikler değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda, özellikle düşük doz GR24 uygulamasının; kök mimarisi, sürgün uzunluğu, boğum sayısı ve kuru madde oranı gibi fizyolojik özellikler üzerinde önemli ve olumlu etkiler oluşturduğu gözlenirken, yüksek doz GR24 ve GR24+IBA kombinasyonlarının hem kök hem de sürgün gelişimini baskıladığı görülmüştür.

Anahtar kelimeler: Anaç, Aşılama, Bağcılık, Köklenme, Yeni nesil hormon

ABSTRACT

THE EFFECTS OF STRIGOLACTONE APPLICATIONS ON YIELD AND QUALITY IN GRAPEVINE SAPLING

POLAT, Mehmet Emin
M.Sc. Thesis, Department of Horticulture
Supervisor: Prof. Dr. Nurhan KESKİN
Second Supervisor: Assoc. Prof. Dr. Adem YAĞCI
July 2025, 49 pages

In this study, the individual and combined effects of different doses of GR24 (synthetic strigolactone analogue) and 2000 ppm of IBA (indole-3-butyric acid) on root and shoot development and sapling yield were evaluated under greenhouse conditions for the Narince/110R graft combination during potted grapevine sapling production. Grafting was performed at the bench in March using the omega-cut method. Subsequently, the cuttings were sealed with paraffin at 74-76°C and placed into crates filled with pine sawdust. The grafted cuttings were kept in a callusing (forcing) room with 85-95% relative humidity and ventilation provided every 6-12 hours. The temperature regimen was as follows: 3 days at 28-29°C, 15 days at 25-26°C, and 3 days at 22-24°C. When color change was observed in the callus tissue of the grafted cuttings kept under these conditions, a second paraffin coating was applied. Cuttings with over 75% callus development were treated prior to planting with individual and combined applications of GR24 and 2000 ppm IBA using a quick dip method (10 seconds). The treated cuttings were then planted into pre-prepared black polyethylene bags (12×20 cm in size, 2% UV-stabilized). A 1:1 mixture of perlite and peat was used as the potting substrate. The study evaluated parameters such as the degree of callus and root development, sapling yield (%), root and shoot length (cm), number of roots and leaves, fresh and dry weight of roots (g), fresh and dry weight of shoots (g), and dry matter content (%) of roots and shoots. As a result of the research, it was observed that especially low dose GR24 application had significant and positive effects on physiological properties such as root architecture, shoot length, number of nodes and dry matter ratio, while high dose GR24 and GR24+IBA combinations were observed to suppress both root and shoot development.

Keywords: Grafting, New generation hormone, Rooting, Rootstock, Viticulture



TEŞEKKÜR

Tez alıőmam sűresince bilgi, deneyim ve kıymetli yűnlendirmeleriyle akademik geliőimime bűyűk katkı saęlayan saygıdeęer danıőmanım Prof. Dr. Nurhan KESKİN'e en iten teőekkűr ve űkranlarımı sunarım. Deneme kurulumu, analizlerin yűrűtűlmesi ve sonuçların deęerlendirilmesi aőamalarında bilgi birikimi ve teknik desteęiyle her zaman yanımda olan ikinci danıőmanım Doç. Dr. Adem YAęCI'ya gűnűlden teőekkűr ederim. Bugűnlere gelmemde bűyűk emekleri olan annem Műzeyyen POLAT ve babam Nurettin POLAT'a, her daim yanımda olan sevgili eőim Evin POLAT'a ve hayatımın en gűzel anlamları olan kızlarım Defne ve Derin POLAT'a sonsuz sevgilerimle teőekkűr ederim.

2025

Mehmet Emin POLAT



İÇİNDEKİLER

| | Sayfa |
|--|--------------|
| ÖZET | i |
| ABSTRACT | iii |
| TEŞEKKÜR | v |
| İÇİNDEKİLER | vii |
| ÇİZELGELER LİSTESİ | ix |
| ŞEKİLLER LİSTESİ | xi |
| SİMGELER VE KISALTMALAR | xiii |
| 1. GİRİŞ | 1 |
| 2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ | 5 |
| 3. MATERYAL VE YÖNTEM | 13 |
| 3.1 Materyal | 13 |
| 3.2 Yöntem | 15 |
| 3.2.1 Hormon Uygulamaları | 16 |
| 3.2.2 Kaynaştırma Sonrası İncelenen Özellikler | 18 |
| 3.2.3 Fidan Gelişimi Tamamlandıktan Sonra İncelenen Özellikler | 19 |
| 3.3 İstatistik Analiz | 21 |
| 4. BULGULAR | 25 |
| 4.1 Kaynaştırma Sonrası İncelenen Özellikler | 25 |
| 4.2 Fidan Gelişimi Tamamlandıktan Sonra İncelenen Özellikler | 25 |
| 4.2.1 Fidan randımanı | 25 |
| 4.3 Kök Gelişimi ile İlgili İncelenen Özellikler | 28 |
| 4.4 Sürgün Gelişimi ile İlgili İncelenen Özellikler | 31 |
| 5. TARTIŞMA VE SONUÇ | 35 |
| 5.1 Fidan Randımanı | 35 |
| 5.2 Kök Gelişimi | 36 |
| 5.3 Sürgün Gelişimi | 38 |
| KAYNAKLAR | 43 |
| ÖZ GEÇMİŞ | 49 |



ÇİZELGELER LİSTESİ

| | Sayfa |
|--|--------------|
| Çizelge 3.1 Aşılı çeliklere yapılan IBA ve GR24 uygulamaları..... | 18 |
| Çizelge 3.2 Kallus gelişim skalası..... | 18 |
| Çizelge 3.3 Kök gelişim düzeyi..... | 19 |
| Çizelge 4.1 Kallus gelişim düzeyi..... | 25 |
| Çizelge 4.2 Fidan randımanı bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları..... | 26 |
| Çizelge 4.3 Kök gelişimi ile ilgili incelenen özellikler bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları..... | 29 |
| Çizelge 4.4 Sürgün gelişimi ile ilgili incelenen özellikler bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları..... | 32 |

ŞEKİLLER LİSTESİ

| | Sayfa |
|--|--------------|
| Şekil 3.1 110 R anacı (sürgün, yaprak ve çiçek) | 14 |
| Şekil 3.2 Narince (Foto: Zir. Yük. Müh. Muhsin BALCI) üzüm çeşidinin özellikleri ... | 14 |
| Şekil 3.3 Aşılama işlemi | 15 |
| Şekil 3.4 Aşılı çeliklere hormon uygulamaları | 17 |
| Şekil 3.5 Aşılı materyalin polietilen tüplere dikimi | 17 |
| Şekil 3.6 Fidan randımanının belirlenmesi | 19 |
| Şekil 3.7 Kök uzunluğunun belirlenmesi | 20 |
| Şekil 3.8 Sürgün uzunluğunun belirlenmesi | 22 |
| Şekil 3.9 Sürgün yaş ağırlığının belirlenmesi | 23 |
| Şekil 3.10 Yaprak sayısının belirlenmesi | 23 |
| Şekil 4.1 Uygulamaların fidan randımanı üzerine etkisi | 27 |
| Şekil 4.2 Uygulamaların kök gelişim özellikleri üzerine etkisi | 29 |
| Şekil 4.3 Uygulamaların sürgün gelişim özellikleri üzerine etkisi | 32 |



SİMGELER VE KISALTMALAR

Bu çalışmada kullanılmış bazı simgeler ve kısaltmalar, açıklamalarıyla aşağıda sunulmuştur.

| Simgeler | Açıklama |
|--------------------|---------------------------------------|
| cm | Santimetre |
| m | Metre |
| mm | Milimetre |
| µM | Mikromolar |
| ppm | Part per million (milyonda bir kısım) |
| sn | Saniye |
| °C | Santigrat derece |
| % | Yüzde |
| Kısaltmalar | Açıklama |
| ABA | Absizik Asit |
| AMF | Arbusküler Mikorizal Fungus |
| IAA | Indol-3-Asetik Asit |
| IBA | Indol Butirik Asit |
| SL | Strigolakton |

1. GİRİŞ

Türkiye, küresel ölçekte bağ alanlarının genişliği ve üzüm üretim miktarı bakımından önde gelen ülkeler arasında yer almaktadır. Ülkemizin sahip olduğu elverişli iklim koşulları, verimli toprak yapısı ve zengin asma gen potansiyeli, bağcılık faaliyetlerinin tarihsel süreçte köklü bir tarımsal kültür olarak gelişmesine olanak sağlamıştır. Bu avantajlar sayesinde bağcılık, ülkemizin birçok bölgesinde önemli bir ekonomik faaliyet ve geçim kaynağı hâline gelmiştir.

Türkiye’de bağ alanlarının genişliği önemli düzeyde olsa da, birim alandan elde edilen verim, gelişmiş ülkelerle karşılaştırıldığında, henüz istenilen düzeyde değildir. Bu durumun temel nedenleri arasında, geleneksel üretim tekniklerinin hâlen yaygın olarak kullanılmaması, modern bağcılık uygulamalarının sınırlı düzeyde benimsenmesi ve filoksera (*Phylloxera vitifoliae*) ile nematodlar gibi zararlı organizmaların birçok üretim bölgesinde etkili olması sayılabilir. Ayrıca, toprak yorgunluğu, besin maddesi dengesizlikleri ve çevresel stres koşulları gibi faktörler de bağcılıkta verim ve kalite sorunlarını beraberinde getirmektedir.

Bağcılıkta karşılaşılan bu sorunlara çözüm üretmek amacıyla, son yıllarda bitki gelişimini düzenleyen doğal bileşiklere yönelik ilgi artmıştır. Özellikle kök gelişimini teşvik eden ve çevresel stres koşullarına karşı bitki toleransını artıran yeni nesil hormonlar, bağcılıkta potansiyel biyoregülatörler olarak ön plana çıkmaktadır. Bu kapsamda dikkat çeken bileşiklerden biri de strigolaktonlardır. Strigolakton terimi, ilk kez Butler (1995) tarafından literatüre kazandırılmış olup, adını *Striga* cinsinden ve kimyasal yapısındaki “lakton” halkasından almaktadır.

Strigolaktonlar (SL’ler), başta angiospermeler olmak üzere, kara yosunları ve bazı mantarlar tarafından da sentezlenen, düşük dozlarda etkili olan bitkisel kökenli sinyal bileşikleridir. İlk olarak *Orobanch* (canavar otu) gibi kök paraziti bitkilerin çimlenmesini tetikleyen kök salgılarında tanımlanmışlardır. Bu keşif, 1823 yılında Vaucher’in öncülüğünde başlamış, 1966 yılında Cook vd.’nin çalışmalarıyla devam etmiş ve yaklaşık 30 yıllık bir süreç sonucunda, strigolaktonların kimyasal yapısı ortaya konmuştur. *Trifolium pratense* L. (kırmızı yonca) kök salgılarından elde edilen orobankol gibi doğal SL türevlerinin, *Orobanch* ve *Striga* tohumlarının çimlenmesinde önemli rol oynadığı belirlenmiştir (Mori vd., 1999; Xie vd., 2010).

SL'lerin yalnızca parazitik bitkilerle değil, aynı zamanda mikorizal mantarlarla simbiyotik ilişkilerde de önemli rol oynadığı gösterilmiştir. Özellikle arbusküler mikorizal funguslar (AMF) ile olan etkileşimlerde, SL'lerin fungal hiflerin dallanmasını teşvik ettiği bildirilmiştir (Akiyama ve Hayashi, 2006). Bu bileşikler daha sonra bitkilerde dallanma düzenleyici hormonlar olarak tanımlanmış ve sürgün gelişimini baskıladığı, kök oluşumunu teşvik ettiği, hipokotil ve sekonder büyümeyi olumlu yönde etkilediği, yaprak yaşlanmasını geciktirdiği ve çeşitli stres koşullarına karşı bitki dayanıklılığını artırdığı tespit edilmiştir (Gomez-Roldan vd., 2008; Kapulnik vd., 2011; Koltai, 2013; Van Ha vd., 2014; Du vd., 2018).

Amerikan asma anaçları, özellikle filoksera gibi toprak kökenli zararlılara karşı yüksek dirençleri nedeniyle, modern bağcılıkta aşılı asma fidanı üretiminde yaygın olarak tercih edilmektedir. Ancak bu anaçların önemli bir dezavantajı, köklenme güçlüğüdür. Zor köklenen bu anaçlar, özellikle tüplü fidan üretiminde başarı oranını ve fidan kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, köklenme sürecini destekleyici uygulamaların geliştirilmesi büyük önem taşır. Bu kapsamda, geleneksel köklendirme hormonlarının yanı sıra, son yıllarda bitki gelişimini çok yönlü olarak etkileyen yeni nesil hormonlardan biri olan SL'lerin bu amaçla kullanılabilirliği üzerine yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Şu ana kadar yapılan çalışmalarda, SL'lerin bitki gelişimi üzerindeki etkileri ağırlıklı olarak model bitkiler (örneğin arabidopsis, domates ve pirinç) üzerinde değerlendirilmiş olup, asma gibi çok yıllık ve odunsu türlerdeki uygulamaları sınırlı kalmıştır.

Bu çalışmada, zor köklenen Amerikan asma anaçlarından biri olan 110 Richter (110 R) üzerine aşılanan Narince üzüm çeşidinde, GR24 (sentetik strigolakton analogu) ve IBA (indol-3-bütirik asit) hormonlarının farklı dozlarda uygulanmasının kök ve sürgün gelişimi ile fidan randımanı üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmanın temel hedefi; anaç, kalem ve hormon etkileşimlerinin, asma fidanlarında morfolojik kalite, biyokütle dağılımı ve fizyolojik tepkiler üzerindeki düzenleyici etkilerini incelemek ve bu doğrultuda bağcılık uygulamalarına yönelik bilimsel dayanaklı öneriler sunmaktır. Özellikle zayıf köklenen Amerikan asma anaçlarında GR24 kullanımına dair kontrollü çalışmaların eksikliği, bu araştırmanın özgün yönünü oluşturmaktadır. Ayrıca bu çalışmada karşılaştırmalı hormon etkisinin değerlendirilebilmesi amacıyla klasik bir köklendirme hormonu olan indol-3-bütirik asit (IBA) de kullanılmıştır. Oksin grubuna ait

olan IBA, özellikle adventif kök oluşumunu teşvik etme kapasitesi nedeniyle, meyve türlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Literatürde, asma fidanı üretiminde 2000 ppm'lik IBA uygulamasının köklenme başarısını ve fidan kalitesini artırmada optimum doz olduğu belirtilmiştir (Çelik ve Uyar, 1992; Hartmann vd., 2011). Bu nedenle, çalışmada, 2000 ppm IBA uygulaması pozitif kontrol grubu olarak değerlendirilmiştir. Böylece, yeni nesil bir sinyal bileşiği olan GR24'ün klasik hormonlarla karşılaştırmalı etkinliği incelenmesi sağlanmıştır. Bu doğrultuda çalışmanın temel araştırma sorusu şudur: Strigolakton (GR24) uygulamaları, klasik köklendirme hormonu olan IBA ile karşılaştırıldığında, asma fidanlarında kök ve sürgün gelişimini aynı derecede veya daha yüksek düzeyde destekleyebilir mi?

Hipotez olarak, GR24'ün uygun dozlarda uygulandığında, IBA'ya benzer veya daha etkili fizyolojik tepkiler oluşturacağı öngörülmektedir.

Bu çalışma ile elde edilecek bulgular, asma fidanı üretiminde hormon optimizasyonuna dayalı yeni uygulamaların geliştirilmesine katkı sağlayabilir. Özellikle klasik köklendirme hormonlarına alternatif olarak değerlendirilebilecek strigolakton uygulamaları, sürdürülebilir ve çevre dostu bağcılık açısından potansiyel sunmaktadır.

2. KAYNAK BİLDİRİŞLERİ

Amerikan asma anaçları, başta filoksera ve nematodlar olmak üzere toprak kökenli zararlılara karşı sağladığı yüksek direnç nedeniyle, modern bağcılıkta aşılı fidan üretiminin temel bileşenlerinden biri hâline gelmiştir. Ancak bu anaçların çoğu, özellikle vejetatif yollarla çoğaltıldıklarında, düşük köklenme kapasitesi nedeniyle üretim sürecinde önemli teknik zorluklara neden olmaktadır. Zayıf köklenme yeteneği gösteren bu anaçlarla sağlıklı ve kaliteli fidan üretimi, kök oluşumunu teşvik eden yenilikçi ve etkili uygulamaların geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, geleneksel köklendirme hormonlarına alternatif olarak son yıllarda dikkat çeken bitkisel sinyal bileşiklerinden biri de strigolaktonlardır (SL'ler). SL'ler, kök gelişimini düzenleme potansiyeli ve bitki fizyolojisindeki çok yönlü rollerinden ötürü, bağcılıkta yeni nesil köklendirme stratejileri içerisinde önemli bir araştırma konusu hâline gelmiştir (Polat vd., 2023).

SL'ler, terpenoid yapıda (Smith, 2014; Borghi vd., 2016; Arıkan ve Karaman, 2021), düşük molekül ağırlığına sahip (Halouzka vd., 2020; Kusajima vd., 2022) ve bitki köklerinden sentezlenerek rizosfere salınan (Yoneyama vd., 2009) yeni nesil bitki hormonlarıdır. Bitki fizyolojisinde çok yönlü roller üstlenen SL'ler; abiyotik ve biyotik stres koşullarına karşı bitki adaptasyonunu destekleme (Mostofa vd., 2018; Soliman vd., 2022; Zheng vd., 2023; Ameen vd., 2025), arbusküler mikoriza mantarlarının (AMF) hifal dallanmasını teşvik etme (Boyno vd., 2023), kök ve sürgün morfogenezini düzenleme (Sun vd., 2016) gibi önemli işlevlere sahiptir. Ayrıca *Striga* ve *Orobanch*e gibi parazitik bitki türlerinin tohum çimlenmesini indüklemeleri (Chesterfield vd., 2020) nedeniyle, tarımsal ekosistemlerde hem faydalı hem de sorun oluşturan bileşikler olarak ekolojik açıdan özel bir konumda yer almaktadır.

Güncel araştırmalar, SL düzeylerinin özellikle fosfor yetersizliği koşullarında belirgin şekilde arttığını ve bu artışın bitkilerde kök mimarisini geliştiren bir dizi fizyolojik yanıtı uyardığını ortaya koymuştur (Brewer vd., 2013; Chi vd., 2021; Marro vd., 2022; Madison vd., 2023). SL'ler, yalnızca kök gelişimini desteklemekle kalmayıp, aynı zamanda AMF'lerin hifal dallanmasını teşvik ederek, bitkilerin topraktan fosfat ve diğer mineral besin elementlerini daha etkin biçimde alabilmelerine katkı sağlamaktadır. Karotenoid türevi bir yapıya sahip olan SL'ler (Al-Babili ve Bouwmeester, 2015), 2000'li

yılların başından itibaren bitkisel hormonlar sınıfında yer almakta olup, günümüze kadar 30'dan fazla farklı türevi tanımlanmıştır (Yoneyama ve Brewer, 2021). Bununla birlikte, SL'lerin biyosentez yolları hâlen tam olarak çözülememiştir (Arıkan ve Karaman, 2021).

Bitkilerde sürgün dallanması, hem genetik yapı hem de çevresel koşulların etkileşimiyle şekillenen karmaşık bir süreçtir. Bu süreçte fitohormonlar arasındaki sinyal etkileşimleri belirleyici bir rol oynamaktadır (Evers vd., 2011). SL'ler, özellikle oksin gibi diğer bitkisel hormonlarla etkileşim hâlinde çalışarak sürgün gelişimini düzenlemektedir (Cheng vd., 2013; Sun vd., 2022). Nitekim oksin eksikliği bulunan bitkilerde, SL'lerin sürgün dallanmasını baskılayıcı etkisinin daha belirgin hâle geldiği bildirilmektedir (Koltai ve Beveridge, 2013). Bu durum, SL'lerin bitkisel sinyal yollarında özgün bir düzenleyici rol üstlendiğini ortaya koymaktadır. Marzec (2016a), bu baskılayıcı etkinin SL'lerin bitki gelişim stratejileri içerisindeki yerini anlamada yeni bir perspektif sunduğunu belirtmiştir.

Bitkiler yeterli besin elementi temin edebildiklerinde yeni sürgünler oluşturarak vejetatif büyümeyi teşvik ederken; besin kıtlığı durumunda mevcut kaynaklarını var olan sürgünlere yönlendirerek enerji kullanımında tasarruf sağlamaktadır. Bu bağlamda, Umehara vd. (2010) tarafından pirinç (*Oryza sativa*) üzerinde gerçekleştirilen bir çalışmada, düşük fosfor koşullarında SL sentezinin arttığı ve bunun sonucunda sürgün dallanmasının baskılandığı tespit edilmiştir. Buna karşılık, SL sentezinin azaldığı durumlarda sürgün oluşumunun teşvik edildiği gözlemlenmiştir. Umehara vd. (2015) tarafından yürütülen bir başka çalışmada ise hem doğal hem de sentetik SL analogları (GR5) kullanılarak *Oryza sativa* ve *Arabidopsis thaliana* türlerinde benzer sonuçlara ulaşılmış; SL düzeylerinin morfolojik yanıtları nasıl yönlendirdiği düşük fosfor koşulları bağlamında ortaya konmuştur.

SL'lerin kök gelişimi üzerindeki etkileri, son yıllarda yapılan birçok araştırma ile detaylandırılmıştır. Bitkilere uygulanan SL'lerin, primer kök ve kök tüylerinin gelişimini hızlandırdığı, ancak sekonder kök oluşumunu baskıladığı gözlemlenmiştir. Örneğin, sentetik SL analogu olan GR24'ün tüm konsantrasyonlarda bitki köklerine uygulanması, primer kök gelişiminde belirgin bir hızlanmaya yol açmıştır (Koltai, 2015). SL'lerin bu etkileri, bitkideki oksin taşınmasını ve dolayısıyla kök gelişim süreçlerini etkilemesiyle ilişkilidir.

PIN ailesi proteinleri, bitkilerde lateral köklerin oluşumunu düzenleyen önemli proteinlerdir ve oksinin akış taşıyıcıları olarak görev yapar. Oksin bu proteinler aracılığıyla taşınarak kök oluşumunu doğrudan etkiler. SL uygulanan bitkilerde oksin taşıma kapasitesinin azalması, lateral köklerin oluşumunu engellemektedir. Brewer vd. (2009), Sun vd. (2014) ve Bhatt ve Bhatt (2020) tarafından yapılan çalışmalarda, SL uygulaması sonrası lateral köklerin ilk oluşum evresinde PIN1-GFP yoğunluğunun azaldığı ve buna bağlı olarak oksin taşınmasının yetersiz kaldığı gözlemlenmiştir. Bu durum, SL'lerin lateral kök gelişimini baskıladığı görüşünü desteklemiştir.

Oksinli bir ortamda SL'nin kök üzerindeki etkilerini araştıran bir başka çalışmada, oksinli petri kaplarına yerleştirilen çimlenmiş domates tohumlarına farklı dozlarda GR24 uygulanmıştır. Sonuçlar, GR24 dozajı arttıkça ortamda bulunan oksinin etkisinin azaldığını ve primer kök uzunluğunun baskılandığını göstermiştir. Yüksek dozda SL uygulaması, asimetrik kök büyümesine yol açarken, kök tüyü uzamasını engellemiştir (Koltai vd., 2010).

Kök tüyleri, bitkilerin su ve besin maddelerini topraktan emerek primer köklerin gelişimine katkı sağlamakla birlikte, aynı zamanda rizobium bakterisi ve baklagillerle simbiyotik etkileşim kurarak bitkiye glutamin ve üreid gibi organik bileşikleri temin eder. Arabidopsis üzerine yapılan bir çalışmada, SL mutantlarının uygulandığı bitkilerde, kök tüylerinin uzunluğunun yabancı türlere göre daha kısa olduğu, ancak ekzojen GR24 uygulandığında kök tüylerinde önemli bir uzama görüldüğü ve bu tüylerin yabancı kök tüylerinden daha fazla uzadığı ortaya konulmuştur (Faizan vd., 2020).

SL'lerin yaprak gelişimi üzerindeki etkileri de incelenmiş ve SL uygulanan bitkilerde, yaprak yaşlanmasının SL sentezi yapılmayan bitkilere kıyasla daha hızlı gerçekleştiği ve bu süreçte SL'nin yaprak şekillenmesini kontrol ettiği, aynı zamanda boğum arası uzamayı da sağladığı belirtilmiştir (Yamada vd., 2014). Toprak, bitkilerine gerekli besin maddelerini sağlayamadığında, yaprak yaşlanma süreci aktifleşir. Bu yaşlanma ilerledikçe, yapraktaki besinler genç dokulara aktarılır, ardından bu besinler tohumlara yönlendirilir (Yamada ve Umehara, 2015).

Bir başka çalışmada, SL eksikliği bulunan bitkilerde yaprak yaşlanmasının geciktiği ve SL uygulandıkça yaprak yaşlanmasının hızlandığı gözlemlenmiştir (Ueda ve Kusaba, 2015). Ayrıca bu çalışmada, SL'lerin karanlık ortamlarda bitkilerin yaprak yaşlanmasını düzenlediği de tespit edilmiştir. Joshi vd. (2019) tarafından yapılan bir

araştırmada, arabidopsis ve pirinç yapraklarına GR24 uygulandığında her iki bitkide de yaprak yaşlanmasının hızlandığı belirtilmiştir.

SL'lerin yalnızca yaprak yaşlanma hızını etkilemekle kalmayıp, aynı zamanda yaprak şeklinin oluşumunda da önemli bir rol oynadığı gösterilmiştir. Yaprak oluşumu üzerine yapılan bir çalışmada, SL eksik arabidopsis bitkilerinde yaprak saplarının, SL açısından zengin bitkilere kıyasla daha kısa ve yaprakların daha yuvarlak, rozet şeklinde olduğu gözlenmiştir. Bu çalışmada, hidrofonic ortamda yetiştirilen SL eksik arabidopsis bitkilerine ekzojen rac-GR24 uygulandığında, yaprak şeklinin tekrar normal haline döndüğü tespit edilmiştir (Scaffidi vd., 2013; Rameau vd., 2019).

SL'lerin stres altındaki bitkilere etkisi üzerine yapılan araştırmalar, bu hormonların bitki gelişimi ve stresle başa çıkma süreçlerinde önemli bir rol oynadığını göstermektedir. Min vd. (2019), kuraklık stresi altındaki üzümün büyüme evrelerini incelemek amacıyla farklı dozlarda GR24 uygulamışlardır. GR24 uygulaması arttıkça, stres altındaki bitkilerde oksidaz kaynaklı hasarların ve diğer olumsuz durumların azaldığı gözlenmiştir. Araştırma, sentetik SL olan GR24'ün, yalnızca olumsuz durumu kontrol etmekle kalmadığını, aynı zamanda farklı hormonlarla etkileşime girerek bu hormonların seviyelerini ve bitkinin klorofil miktarını düzenlediğini de ortaya koymuştur. Sonuç olarak, GR24 uygulamasıyla, asma fidanlarının kuraklık stresine verdiği tepki olumlu yönde ilerlemiş ve stresle başa çıkma konusunda SL'lerin aktif bir rol oynayabileceği kaydedilmiştir.

Bitkilerde fazla miktarda bulunan besin maddeleri (alüminyum, demir, fosfor, kalsiyum, azot) ve ağır metaller, bitki gelişimi üzerinde olumsuz etkilere yol açmaktadır. SL'ler, bu besin ve ağır metallerin olumsuz etkilerini azaltarak bitki gelişimine önemli bir katkı sağlar (Koltai ve Kapulnik, 2011; Emamverdian vd., 2020).

Bir başka önemli konu, bitki tohumlarının çimlenebilmesi için uygun ortamlarda birçok faktörün bir arada bulunması gerektiğidir. Abiyotik ve biyotik stres koşullarına uzun süre maruz kalan tohumlar, uygun ortamda olsalar dahi çimlenme gücünü kaybedebilir. Toh vd. (2012), SL'lerin yüksek sıcaklık ve tohumların dinlenme durumuna etkisini araştıran bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, yüksek sıcaklık ortamına alınan arabidopsis tohumlarına ekzojen GR24 uygulanmış ve uygulama sonucunda GR24 oranı arttıkça tohum çimlenme oranının yükseldiği ve SL'lerin tohum çimlenmesini olumlu yönde etkilediği sonucuna varılmıştır. Ayrıca, başka bir çalışmada, ekzojen GR24

uygulaması sonucunda yüksek sıcaklık ortamında SL eksik arabidopsis mutantlarında çimlenme oranının önemli ölçüde arttığı gözlenmiştir (Tsuchiya vd., 2010).

Lechat vd. (2015), tohumların geç çimlenmesine neden olan tohum kabuklarını incelemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Bu çalışmada, absizik asit (ABA) ortamında dinlenme halinde olan canavar otu tohumunda SL sentezlenmiş ve uygulama sonrasında mevcut ABA miktarının azaldığı, bu durumun da tohum çimlenmesini sağladığı gözlenmiştir.

Mashiguchi vd. (2009), SL uygulanan bitkilerin, ışığa karşı verdikleri tepkileri incelemek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada, arabidopsis fidelerine GR24 uygulanmış ve uygulamadan yaklaşık 90 dakika sonra ışık sinyalleri altındaki genlerde SL'lerin pozitif yönde etkiler sağladığı tespit edilmiştir. Ayrıca, SL yönünden eksik olan domates mutanı S1-ORTİ ve yabani tür domates bitkileri üzerinde yapılan bir başka çalışmada, SL uygulanan bitkilerin kök ve sürgünlerinde gözlemler yapılmıştır. Sonuç olarak, SL'lerin bitkide ışığın sebep olduğu hasarı optimal düzeye indirdiği tespit edilmiştir (Koltai ve Kapulnik, 2011).

SL'ler, bazı bitkilerin köklerinde doğal olarak sentezlenir. Bu bitkilerin tohumlarının ışığa uzun süre maruz kalması, tohumlarda çimlenmeyi önemli ölçüde etkilemeyebilir. Ancak cadı otu ve canavar otu gibi bitkilerin tohumlarında, SL'lerin çimlenmeyi önemli ölçüde teşvik ettiği belirtilmiştir (Zwanenburg ve Pospisil, 2013). Ayrıca, SL'lerin patojenler ile etkileşimini inceleyen bir çalışmada, SL'lerin bitkilerde patojenlere karşı dayanıklılığı arttırdığı gözlenmiştir (Marzec, 2016b).

SL oranı düşük olan bazı domates türleri (ccd8 mutanı) üzerinde yapılan bir araştırmada, bu bitki yapraklarının *Botrytis cinerea* ve *Alternaria alternata* gibi patojenlere karşı dayanıksız olduğu tespit edilmiştir (Torres-Vera vd., 2014). Nasir vd. (2019), pirinçteki bazı patojen zararlılarına karşı SL'lerin tepkisini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, SL uygulanan bitkilerin patojenlere karşı direnç seviyelerinin önemli ölçüde arttığı ve olumsuz koşulların ortadan kaldırıldığı belirtilmiştir.

Arabidopsis bitkisi üzerinde yapılan bir başka çalışmada ise SL uygulamasının ardından, bitkilerde enfeksiyona yol açan *Pseudomonas syringae*, *Pectobacterium carotovorum* ve *Rhodococcus fascians* gibi bakterilerin olumsuz etkilerinin ortadan kalktığı ve bitkinin bu tür patojenlere karşı daha dayanıklı hale geldiği gözlenmiştir (Mishra vd., 2017).

SL'lerin hifal dallanmaya etkisi üzerine yapılan araştırmalarda, bazı mantarların bitki köklerinde bulunarak, kök gelişimine önemli bir katkı sağladığı tespit edilmiştir. Bu mantarlardan biri olan fungal hifler, bitki bünyesindeki karbon ve azotu kullanırken, karşılığında bitkinin gelişimi için hayati öneme sahip olan mineralleri bitkiye taşır ve bitkinin su alımını sağlamak amacıyla toprağa yayılır (Smith, 2014). AMF ise hifal büyümesi sınırlı olan mantarlardandır ve konakçı bitkinin gelişimi için oldukça önemlidir. Konakçı bitki olmadan yaşamını sürdüremeyen AMF sporları çoğunlukla kendiliğinden rer. SL'ler, AMF'ların presimbiyotik büyüme hızını yavaşlatarak, bitki gelişimine önemli ölçüde katkı sağlar (Gomez-Roldan vd., 2007).

İlk koloni oluşumu için büyük öneme sahip olan bitki sızıntıları, bitki köklerine SL salgılanmasına olanak tanır. Bu süreç, tohum çimlenmesini ve hifal dallanmayı önemli ölçüde teşvik eder (Steinkellner vd., 2007). Fosfat bakımından eksik olan bitkilerde, SL üretiminin daha yoğun olduğu gözlenmiştir. SL yoğunluğu arttıka, bitkilerdeki hifal dallanma oranı da pozitif yönde etkilenmektedir. Bu durumda, AMF hiflerinin gerekli olan fosfatı bitkiden değil, doğrudan topraktan sağladıkları tespit edilmiştir (Bouwmeester vd., 2019).

Bitkilerde SL miktarının artması, SL uygulanan bitkilerde kök mikroorganizmalarının oluşum hızının artmasına yol açmaktadır. Bu durum, araştırmacıların dikkatini çekmiş ve teknolojik gelişmelerin hızlanması ve SL üretiminin artması gibi unsurların, faydalı mikroorganizmaların artışına sebep olacağı ngrlmştir. Sonuç olarak, bu gelişmelerin verimde artışa neden olacağı düşünülmektedir (Bouwmeester vd., 2019).

Özetlenecek olursa, SL'ler, bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde büyük ölçüde etkilidir. SL'lerin toprak kökenli stresler, ışık sinyalleri, yaprak yaşlanması, çimlenme, patojenlere karşı direnç ve hifal dallanma gibi birçok süreç üzerindeki etkileri, bitkilerin çevresel koşullara daha iyi adapte olabildiğini sağlamaktadır. Yapılan alışmalar, SL'lerin özellikle stres altındaki bitkilerde oksidatif hasarı azaltmak, hormon seviyelerini dengelemek ve klorofil miktarını artırmak gibi faydalar sağladığını göstermektedir. Ayrıca, SL'lerin mikorizal mantarlarla olan etkileşimleri, bitkilerin besin maddelerini daha verimli kullanmasına olanak tanırken, faydalı mikroorganizmaların artışı ile verimlilikte önemli bir artışa yol açabileceğini ortaya koymaktadır. Bu bulgular, SL'lerin

bitkilerin stres toleransını artırma potansiyelini vurgulamakta ve tarımsal uygulamalarda, bitki sağlığını iyileştirmeye y6nelik yeni stratejilerin geliştirilmesine olanak tanımaktadır.





3. MATERİYAL VE YÖNTEM

Tez çalışması, 2024 yılında Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü ile Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'nde gerçekleştirilmiştir.

3.1 Materyal


Anaç (110 R) ve çeşide (Narince) ait çelikler Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü'ne ait bağdan kış budaması sonrası (mart ayında) temin edilmiş, %80-95 nem ve 0-4°C'de soğuk hava koşullarında bekletilmiştir (Becker, 1971). Anaç ve çeşide ait bazı özellikler aşağıda verilmiştir.

110 Richter (110 R): Çalışmada kullanılan 110 R anacı (Şekil 3.1), Franz Richter tarafından 1902 yılında *V. berlandieri* Ressaygue No.2 x *V. rupestris* Martin 110 Richter'den elde edilmiştir. Erkek çiçeklidir. Kök filokserasına oldukça dayanıklı, *Meloidogyne incognita* ve *Meloidogyne arenaria* nematodlarına karşı ise orta düzeyde dayanıklıdır. Aktif %20 kirece toleranslıdır. Ancak, 110 R/Syrah kombinasyonunda (ve Viognier ile daha az ölçüde) aktif kirece tolerans eşiği %5-7'ye kadar düşmektedir. Aktif kalsiyum karbonat ve toprağın kolayca çıkarılabilen demir içeriğini hesaba katan bir hesaplama ile elde edilen klorotik güç indeksi (chlorotic power index, IPC) 30 olup, demir klorozuna orta derecede dayanıklıdır. Kuraklığa iyi adapte olmuştur ancak su fazlalığına karşı hassastır. Kuvvetli bir anaçtır ve üzerine aşılana çeşidi geç olgunlaştırmaya meyillidir. Cabernet Sauvignon, Caladoc, Carignan, Grenache, Marselan, Mourvèdre, Muscat à petits grains blancs, İskenderiye Misketi, Tempranillo ve Vermentino ile iyi uyumludur. Ancak bazen özellikle Ugni blanc çeşidinde silkmeye neden olabilmekte, Pinot ile de uyumsuzluk belirtileri gösterebilmektedir. Sürgün uzunluğu orta, sürgün çapı ise oldukça büyüktür. Odun üretimi düşük ile orta düzeydedir(30.000-60.000 m/ha) Bir yaşlı dallarının iyi odunlaştığından emin olmak gerekmektedir. 110 R anacı topraktaki aşırı neme karşı hassastır. Çeliklerinin köklenmesi düşük ile orta derecede olup ve yine orta derecede aşılama yeteneğine sahiptir (Plantgrape, 2023).



Şekil 3.1110 R anacı (sürgün, yaprak ve çiçek) (Plantgrape, 2023)

Narince: Sofralık, şaraplık ve aynı zamanda yapraklık özelliği olan ülkemiz adına önemli bir yere sahip üzüm çeşidimizdir. Şaraplık olarak da kullanılan bu üzüm çeşidi sek şarap üretiminde de yaygın olarak kullanılır. Hoş kokusu nedeniyle yörede sofralık olarak da sevilir. Aynı zamanda yaprakları yemeklik olarak değerlidir (Çelik, 2006).

| Narince | Tane Özellikleri | |
|---|----------------------|----------------|
|  | Renk | Sarı |
| | Şekil | Hafif oval |
| | Büüklük | İri, 3-4 g |
| | Çekirdek | 1-2 |
| | Tad | Çeşide özgu |
| | Salkım Özellikleri | |
| | Şekil | Dallı konik |
| | Büüklük | İri, 350-450 g |
| | Sıklık | Dolgun |
| | Kültürel Özellikleri | |
| Olgunlaşma | Orta geç | |
| Budama | Kısa-Karışık | |
| Yöre | Tokat, Amasya | |

Şekil 3.2 Narince (Foto: Zir. Yük. Müh. Muhsin BALCI) üzüm çeşidinin özellikleri (Çelik, 2006)

3.2 Yöntem

Aşılama işlemi 2024 yılı mart ayı içerisinde yapılmış ve işlem esnasında kesitleri omega şeklinde açan pedallı makineler kullanılmıştır (Şekil 3.3). Çelik ve kalem çaplarının 6-12 mm kalınlığında olmasına özen gösterilmiştir.



Şekil 3.3 Aşılama işlemi

Aşılama işleminden sonra, aşı materyalleri 74-76°C’de parafinlenmiş ve çam talaşı olan kasalara konularak kaynaştırma (çimlendirme) odasına alınmıştır. Kaynaştırma odası; 3 gün 28-29°C, 15 gün 25-26°C ve 3 gün 22-24°C; nem oranı %85-95; 6-12 saatte bir havalandırılarak (Çelik, 1983) bitki için ideal ortam oluşturulmuştur. İkinci parafinleme işleminden önce kaynaştırma odasından alınan kasalarda iri talaşlar çıkarılıp kallus etrafında renk dönüşümünün olduğu zamana kadar materyaller kasada 3 ila 6 gün arasında bekletilmiştir. Aşılı materyal 3-4 gün su içerisinde bekletilmiş ve dikim işleminin yapılması için seraya götürülmüştür.

3.2.1 Hormon uygulamaları

Bu çalışmada iki farklı sentetik bitki büyüme düzenleyicisi olan strigolakton analogu GR24 ve oksin hormonu indol-3-bütirik asit (IBA) kullanılmıştır.

GR24 hazırlanması ve uygulanması: GR24 (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, ABD) stok çözeltisi, dimetil sülfoksit (DMSO) içerisinde 1 mM (milimolar) konsantrasyonunda hazırlanmıştır. Bu stok çözeltisinden hareketle, uygulama için gerekli olan 1 µM, 5 µM ve 10 µM konsantrasyonlarındaki çalışma çözeltileri, uygun oranlarda saf su ile seyreltilerek elde edilmiştir. Örneğin, 1 mM stok çözeltisinden 1 µM çalışma çözeltisi elde etmek için 1/1000 oranında seyreltme yapılmıştır; 5 µM için 1/200 ve 10 µM için 1/100 oranında seyreltme uygulanmıştır.

GR24 uygulaması, kaynaştırma odasından çıkan ve tüplere dikilmeden hemen önce, fidanlara hızlı daldırma yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Bu yöntemde, fidanların kök sistemleri belirtilen GR24 çözeltilerine yaklaşık 10 saniye süreyle daldırılmıştır.

IBA (İndol-3-Bütirik Asit) hazırlanması ve uygulanması: IBA (Sigma-Aldrich, St. Louis, MO, ABD) çözeltisi, %96'lık etanol içerisinde çözdürülerek, 2000 ppm (miligram/litre) konsantrasyonunda hazırlanmıştır. Bu çözelti, doğrudan uygulama konsantrasyonu olarak kullanılmıştır ve ek bir seyreltme yapılmamıştır.

IBA uygulaması da, kaynaştırma odasından çıkan ve tüplere dikilmeden hemen önce, fidanlara hızlı daldırma yöntemiyle gerçekleştirilmiştir. Fidanların kök sistemleri, belirtilen IBA çözeltisine yaklaşık 10 saniye süreyle daldırılmıştır.

Kombinasyon Uygulamaları: Kombinasyon uygulamalarında, belirtilen GR24 dozları (1 µM, 5 µM, 10 µM) ile 2000 ppm IBA dozları bir arada kullanılmıştır. Kombinasyon gruplarında fidanlara tüplere dikilmeden önce hızlı daldırma yöntemiyle peş peşe hem GR24 hem de IBA çözeltileri ayrı kaplarda uygulanmıştır.

Kontrol Grupları:

- Negatif Kontrol: Herhangi bir hormon uygulaması yapılmayan fidanlar (sadece saf su daldırma).
- Pozitif Kontrol: Yalnızca 2000 ppm IBA uygulanan fidanlar (hızlı daldırma yöntemiyle).

Hormon uygulamaları yapılmış aşılı çelikler (Şekil 3.4) daha önceden ısıtmasız cam sera içerisinde hazırlanmış olan 12x20 cm ebatlarında (Çelik ve Uyar, 1992) %2 UV katkıli siyah renkli polietilen tüplere dikilmiştir (Şekil 3.5). Harç olarak perlit ve torf (1:1) karışım kullanılmıştır.



Şekil 3.4 Aşılı çeliklere hormon uygulamaları



Şekil 3.5 Aşılı materyalin polietilen tüplere dikimi

Çizelge 3.1 Aşılı çeliklere yapılan IBA ve GR24 uygulamaları

| Uygulama | Konsantrasyon |
|-------------|---|
| 1. Uygulama | Hiç uygulama yapılmamış (Negatif Kontrol) |
| 2. Uygulama | 2000 ppm IBA (Pozitif Kontrol) |
| 3. Uygulama | 1 µM GR24 |
| 4. Uygulama | 5 µM GR24 |
| 5. Uygulama | 10 µM GR24 |
| 6. Uygulama | 2000 ppm IBA+1 µM GR24 |
| 7. Uygulama | 2000 ppm IBA+5 µM GR24 |
| 8. Uygulama | 2000 ppm IBA+10 µM GR24 |

3.2.2 Kaynaştırma sonrası incelenen özellikler

Kaynaştırma tamamlandığında, kaynaştırma odasından alınan aşılı çelikler, alıştırma yerinde 4-6 gün bekletilmiş ve ikinci parafinleme öncesi kallus gelişim düzeylerine bakılıp, aşağıdaki ölçeğe göre sınıflandırılmıştır (Çizelge 3.2). Kalemde oluşan sürgün uzunluğunun aşı bölgesinde meydana gelen kallus miktarına göre değişebileceği ve aşı işleminden sonraki bir buçuk ay içerisinde aşı işleminin gerçekleştiği bölgede %75 ve %100 oranında kallus oluşturan bileşimlerin, daha uzun sürgün oluşturdıkları bildirildiği için (Schaefer, 1982), çalışmada kallus gelişim düzeyi %75'in üzerinde olan materyaller kullanılmıştır.

Çizelge 3.2 Kallus gelişim skalası

| Skala | Kallus gelişim düzeyi |
|-------|--|
| 0 | Kallus gelişimi yok |
| 1 | Aşı kaleminin %25 kesitinde oluşan kallus |
| 2 | Aşı kaleminin %50 kesitinde oluşan kallus |
| 3 | Aşı kaleminin %75 kesitinde oluşan kallus |
| 4 | Aşı kaleminin %100 kesitinde oluşan kallus |

3.2.3 Fidan gelişimi tamamlandıktan sonra incelenen özellikler

Gelişimlerini tamamlayan fidanlar, haziran ve temmuz ayları boyunca ortam koşullarına uyum sağlamaları için alıştırma (gölgelik) alanlarında 15 gün süreyle bekletilmiştir. Fidan gelişmesi tamamlandıktan sonra aşağıda verilen özellikler incelenmiştir:

Fidan randımanı (%): Fidan randımanı, Vejetasyon dönemi sonunda, sağlıklı kök ve sürgün sistemine sahip fidan sayısının, başlangıçta dikilen aşılı çelik sayısına oranı olarak hesaplanmıştır (Şekil 3.6).



Şekil 3.6 Fidan randımanının belirlenmesi

Kök gelişim düzeyi: Kök gelişim düzeyi belirlenirken 0-4 ölçeğinden (Çelik, 1982) yararlanılmıştır (Çizelge 3.3).

Çizelge 3.3 Kök gelişim düzeyi

| | Kök gelişim düzeyi |
|---|---------------------------|
| 0 | Gelişme yok |
| 1 | Gelişme zayıf |
| 2 | Gelişme orta kuvvette |
| 3 | Gelişme kuvvetli |
| 4 | Gelişme çok kuvvetli |

Kök uzunluğu (cm): Aşılı asma fidanlarında meydana gelen köklerin uzunlukları dip kısmından itibaren cetvelle ölçümü yapılarak hesaplanmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7 Kök uzunluğunun belirlenmesi

Kök sayısı (adet): Fidanların dip kısımlarında ortaya çıkan kök sayıları tek tek sayılarak hesaplanmıştır

Kök yaş ağırlığı (g): Kökler dikkatlice yıkanıp fazla suyun alınmasının ardından, gövdeden ayrılan kökler tartılarak yaş ağırlıkları ölçülmüştür.

Kök kuru ağırlığı (g): Yaş ağırlığı tartıldıktan sonra kökler, etüvde 58°C'de 72 saat boyunca sabit ağırlığına ulaşana kadar kurutulduktan sonra tartımı yapılarak belirlenmiştir.

Kök kuru madde miktarı (%): Kuru kök ağırlığı yaş kök ağırlığına oranlanara hesaplanmıştır.

Sürgün uzunluğu (cm): Aşılı fidanlarda ana sürgün uzunluğu hesaplanırken, sürgünün çıkış noktası ile sürgün ucuna kadar olan kısım ölçülmüştür (Şekil 3.8).

Sürgün yaş ağırlığı (g): Sürgünler dikkatlice yıkanıp fazla suyu alındıktan sonra tartılarak yaş ağırlıkları ölçülmüştür (Şekil 3.9).

Sürgün kuru ağırlığı (g): Yaş ağırlığı tartıldıktan sonra sürgünler, etüvde 58°C'de 72 saat boyunca sabit ağırlığına ulaşana kadar kurutulduktan sonra tartımı yapılarak belirlenmiştir.

Sürgün kuru madde miktarı (%): Sürgün kuru ağırlığı sürgün yaş ağırlığına oranlanmıştır.

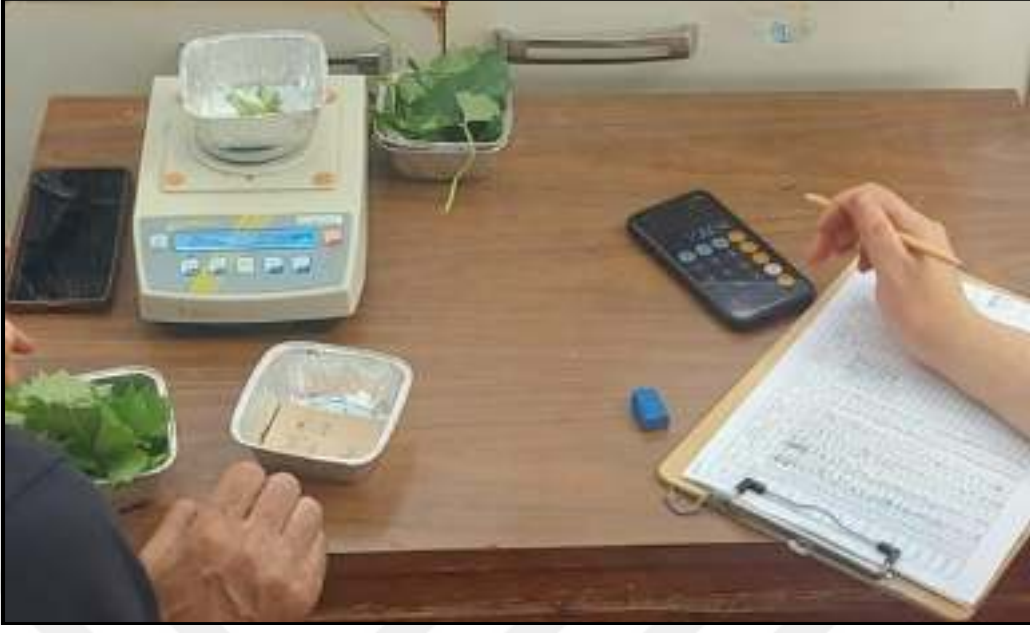
Yaprak (boğum) sayısı (adet): Sürgünlerdeki yaprak adedi sayılmıştır (Şekil 3.10).

3.3 İstatistik Analiz

Çalışmada 2000 adet aşılı materyal (8 adet uygulama x 3 tekerrür x her tekerrürde 15 fidan) ihtiyacına karşılık olarak 3000 adet aşılama işlemi yapılmıştır. Çalışmada ele alınan özellikler için tanımlayıcı istatistikler; ortalama, standart hata, minimum ve maksimum değer olarak verilmiştir Bu özellikler bakımından grupları (uygulamaları) karşılaştırmada Tek yönlü varyans analizi yapılmıştır Varyans analizini takiben farklı grupları belirlemede Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır. Hesaplamalarda istatistik önemlilik (anlamlılık) düzeyi %5 olarak alınmış ve hesaplamalar için SPSS (ver:21) istatistik paket programı kullanılmıştır.



Şekil 3.8 Sürgün uzunluğunun belirlenmesi (Soldan sağa ve yukarıdan aşağıya sırasıyla Kontrol (Hiç uygulama yapılmamış), 2000 ppm IBA, 1 μ M GR24, 5 μ M GR24, 10 μ M GR24, 1 μ M GR24+2000 ppm IBA, 5 μ M GR24+2000 ppm IBA, 10 μ M GR24+2000 ppm IBA)



Şekil 3.9 Sürgün yaş ağırlığının belirlenmesi



Şekil 3.20 Yaprak sayısının belirlenmesi



4. BULGULAR

4.1 Kaynaştırma Sonrası İncelenen Özellikler

Kaynaştırma odasından 20-21 gün sonra çıkarılan aşılı çelikler, alıştırma yerinde 4-6 gün bekletildikten sonra kallus gelişim düzeylerine bakıldığında genel olarak %100 kallus olarak ifade edilen çepeçevre kallus oluşumunun %74.5 oranında gerçekleştiği görülmüştür (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1 Kallus gelişim düzeyi

| Skala | Kallus gelişim düzeyi (%) |
|--------------------------|---------------------------|
| Kallus gelişmesi yok (0) | 1.5 |
| %25 kallus (1) | 3.0 |
| %50 kallus (2) | 10.5 |
| %75 kallus (3) | 10.5 |
| %100 kallus (4) | 74.5 |

4.2 Fidan Gelişimi Tamamlandıktan Sonra İncelenen Özellikler

4.2.1 Fidan Randımanı

Fidan randımanı bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.2’de, uygulamaların fidan randımanına etkisi ise Şekil 4.1’de verilmiştir.

1 μ M GR24 uygulaması: 1 μ M dozunda uygulanan GR24, fidan gelişimi açısından oldukça başarılı sonuçlar vermiştir. I. boy fidan randımanı %82.2 ile tüm gruplar arasında en yüksek değere ulaşmış; toplam fidan randımanı ise %91.1 olarak gerçekleşmiştir. Bu değerler, istatistik olarak da anlamlı düzeyde yüksek bulunmuştur ($p < 0.05$). Bu dozun özellikle kaliteli (I. boy) fidan oluşumunu destekleyerek köklenme sürecini olumlu yönde etkilediği ve klasik köklendirme hormonlarına alternatif olabilecek potansiyele sahip olduğu görülmektedir. II. boy fidan randımanı ise %8.9 ile sınırlı kalmıştır.

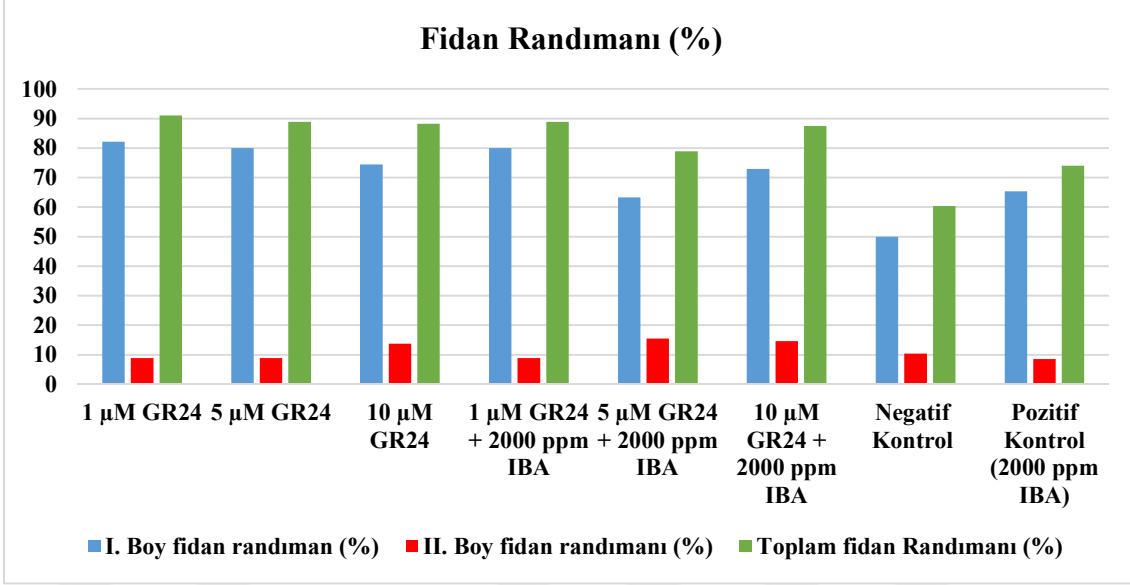
5 μ M GR24 uygulaması: 5 μ M GR24 uygulamasında I. boy fidan randımanı %80.0 ile yine oldukça yüksek düzeyde gerçekleşmiş, II. boy fidan randımanı %8.9, toplam fidan randımanı ise %88.9 olmuştur. 1 μ M GR24 uygulamasına yakın sonuçlar vermekle birlikte, bu dozda artış beklenen bir etki oluşmamış; aksine I. boy oranında hafif bir düşüş gözlenmiştir. Bu durum, GR24'ün köklendirme üzerindeki etkisinin doğrusal (linear) olmadığını ve belirli bir optimum doz aralığında etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Yine de genel randıman yüksekliği, 5 μ M dozun da etkili bir uygulama olduğu sonucunu desteklemektedir.

10 μ M GR24 uygulaması: 10 μ M GR24 uygulamasında I. boy fidan randımanı %74.5'e düşerken, II. boy fidan randımanı %13.7'ye yükselmiş, toplam fidan randımanı ise %88.2 olarak kaydedilmiştir. Bu doz, toplam randıman bakımından hâlen yüksek bir performans sergilemesine rağmen, kaliteli (I. boy) fidan oranındaki düşüş dikkat çekicidir. Artan dozun, muhtemelen fizyolojik stres oluşturması ya da bitkinin hormon dengesini bozması nedeniyle, fidan gelişimini II. boy sınıfına yönlendirdiği düşünülmektedir. Bu sonuçlar, 10 μ M dozunun sınır değer olabileceğini ve daha yüksek dozlarda olumsuz etkilerin artabileceğine işaret etmektedir.

Çizelge 4.2 Fidan randımanı bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

| Uygulama | I. Boy fidan randıman (%) | II. Boy fidan randımanı (%) | Toplam fidan Randımanı (%) |
|--------------------------------|---------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| 1 μ M GR24 | 82.2 a | 8.9 | 91.1 a |
| 5 μ M GR24 | 80.0 a | 8.9 | 88.9 a |
| 10 μ M GR24 | 74.5 b | 13.7 | 88.2 a |
| 1 μ M GR24 + 2000 ppm IBA | 80.0 a | 8.9 | 88.9 a |
| 5 μ M GR24 + 2000 ppm IBA | 63.3 c | 15.5 | 78.9 b |
| 10 μ M GR24 + 2000 ppm IBA | 72.9 bc | 14.6 | 87.5 a |
| Negatif Kontrol | 50.0 d | 10.4 | 60.4 d |
| Pozitif Kontrol (2000 ppm IBA) | 65.4 c | 8.5 | 74.0 c |

a, b, c, ... ↓: Aynı sütünde farklı küçük harfi alan uygulamalar arası fark önemlidir ($p < 0.05$).



Şekil 4.1 Uygulamaların fidan randımanı üzerine etkisi

Karşılaştırmalı değerlendirme: Her üç GR24 dozunun negatif kontrole (%50 I. boy fidan randımanı, %60.4 toplam fidan randımanı) göre anlamlı düzeyde daha yüksek fidan randımanı sağladığı görülmektedir. En yüksek I. boy ve toplam randıman 1 µM GR24 ile elde edilirken, 5 µM doz benzer bir başarıyı sürdürmüştür, 10 µM doz ise toplamda güçlü olsa da kalite açısından gerileme göstermiştir. Pozitif kontrol grubu olan 2000 ppm IBA uygulaması (%65.4 I. boy, %74 toplam) ise bu üç GR24 dozunun gerisinde kalmıştır. Bu durum, GR24'ün düşük ve orta dozlarda köklenme ve fidan gelişimi üzerine IBA'dan daha etkili olabileceğini göstermektedir.

1 µM GR24 + 2000 ppm IBA uygulaması: Bu kombinasyonda I. boy fidan randımanı %80.0, II. boy fidan fidan randımanı %8.9 ve toplam fidan randımanı %88.9 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, yalnızca 1 µM GR24 uygulamasına oldukça yakın değerlerdir ve istatistik olarak da farklılık bulunmamaktadır. Bu durum, düşük doz GR24 ile IBA'nın birlikte kullanımının, tek başına GR24 uygulamasına oranla ek bir avantaj sağlamadığını; yani sinerjik bir etki oluşmadığını göstermektedir. Bununla birlikte, bu kombinasyon da oldukça yüksek verimlilik sağlamış ve kaliteli fidan üretimini desteklemiştir.

5 µM GR24 + 2000 ppm IBA uygulaması: 5 µM GR24 ve 2000 ppm IBA kombinasyonu ile elde edilen I. boy fidan randımanı %63.3 gibi daha düşük bir değerde kalmış, buna karşılık II. boy fidan randımanı %15.5 ile oldukça yükselmiş; toplam fidan

randımanı ise %78.9 olarak kaydedilmiştir. Bu kombinasyon hem tek başına GR24 hem de IBA uygulamalarına göre daha düşük bir performans sergilemiştir. Özellikle kaliteli (I. boy) fidan oranındaki düşüş ve II. boy oranındaki artış, bu dozda GR24 ile IBA'nın bir araya gelmesinin kök gelişimini olumsuz etkileyebileceğini düşündürmektedir. Bu sonuç, iki bileşiğin bu doz aralığında birlikte kullanımının fizyolojik dengeyi bozabileceği ihtimalini ortaya koymaktadır.

10 µM GR24 + 2000 ppm IBA uygulaması: Bu kombinasyonda I. boy fidan oranı %72.9, II. boy oranı %14.6 ve toplam randıman %87.5 olarak gerçekleşmiştir. Bu değerler, tek başına 10 µM GR24 uygulamasına oldukça yakın olup, benzer şekilde, yüksek dozun II. boy fidan randımanını artırdığı görülmektedir. Ancak IBA eklenmesine rağmen I. boy fidan randımanında bir iyileşme sağlanmamıştır. Bu da GR24'ün yüksek dozlarda IBA ile birlikte kullanımında sınırlayıcı etkilerinin olabileceğini göstermektedir. Toplam fidan randımanı yüksek olsa da kalite açısından istenilen düzeye ulaşamamıştır.

Kombinasyonların genel değerlendirmesi: GR24 ile IBA'nın birlikte kullanımı, düşük dozda (1 µM) olumlu sonuçlar verirken, orta (5 µM) ve yüksek (10 µM) dozlarda fidan kalitesini düşürmüş ve II. boy fidan oranlarını artırmıştır. Bu durum, IBA ile GR24 arasında etkileşimin doza bağlı olarak farklılık gösterdiğini ve yüksek doz kombinasyonlarının fizyolojik stres oluşturabileceğini düşündürmektedir. Ayrıca, bu kombinasyonlar tek başlarına uygulanan GR24 veya IBA'ya göre her zaman daha üstün sonuçlar üretmemektedir. Bu bulgu, SL'lerin bitki gelişiminde belirli sınırlar içinde etkili olduğunu ve klasik köklendirme hormonlarıyla birlikte kullanımının dikkatle optimize edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır.

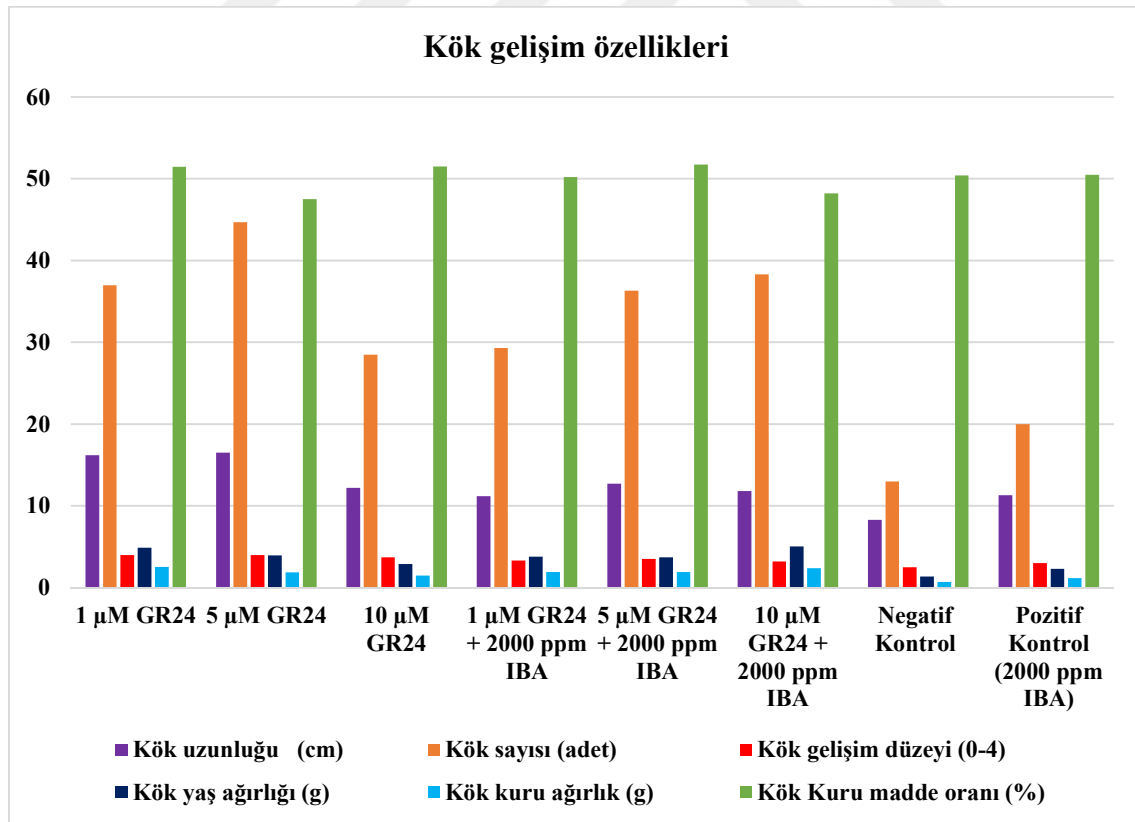
4.3 Kök Gelişimi ile İlgili İncelenen Özellikler

Kök gelişimi ile ilgili incelenen özellikler bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.3'te, uygulamaların kök gelişim özellikleri üzerine etkisi ise Şekil 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.3 Kök gelişimi ile ilgili incelenen özellikler bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

| Uygulama | Kök uzunluğu (cm) | Kök sayısı (adet) | Kök gelişim düzeyi (0-4) | Kök yaş ağırlığı (g) | Kök kuru ağırlık (g) | Kök Kuru madde oranı (%) |
|--------------------------------|-------------------|-------------------|--------------------------|----------------------|----------------------|--------------------------|
| 1 μ M GR24 | 16.2 a | 37.0 b | 4.0 a | 4.90 a | 2.53 a | 51.47 |
| 5 μ M GR24 | 16.5 a | 44.7 a | 4.0 a | 3.93 b | 1.87 c | 47.53 |
| 10 μ M GR24 | 12.2 b | 28.5 bc | 3.7 b | 2.89 c | 1.48 d | 51.51 |
| 1 μ M GR24 + 2000 ppm IBA | 11.2 c | 29.3 bc | 3.3 c | 3.77 b | 1.89 c | 50.20 |
| 5 μ M GR24 + 2000 ppm IBA | 12.7 b | 36.3 b | 3.5 b | 3.70 b | 1.92 c | 51.75 |
| 10 μ M GR24 + 2000 ppm IBA | 11.8 bc | 38.3 b | 3.2 c | 5.03 a | 2.39 b | 48.23 |
| Negatif Kontrol | 8.3 c | 13.0 d | 2.5 d | 1.36 d | 0.68 e | 50.42 |
| Pozitif Kontrol (2000 ppm IBA) | 11.3 c | 20.0 c | 3.0 c | 2.31 c | 1.16 d | 50.49 |
| | 4.4 | 11.6 | 0.8 | 1.9 | 0.9 | ÖD |

a, b, c, ... ↓: Aynı sütünde farklı küçük harf alan uygulamalar arası fark önemlidir ($p < 0.05$).
ÖD: Önemli Değil



Şekil 4.2 Uygulamaların kök gelişim özellikleri üzerine etkisi

1 μ M GR24 uygulaması: Bu dozda GR24 uygulanan fidanlarda ortalama kök uzunluğu 16.2 cm, kök sayısı 37.0 adet, kök gelişim düzeyi 4.0 puan ile en yüksek değerlere ulaşmıştır. Kök yaş ağırlığı 4.90 g, kök kuru ağırlık 2.53 g ve kuru madde oranı %51.47 olarak kaydedilmiştir. Bu bulgular, düşük doz GR24'ün kök sisteminin hem morfolojik hem de biyokütlesel gelişimini güçlü şekilde desteklediğini göstermektedir. Özellikle kök gelişim düzeyinde elde edilen maksimum değer (4.0), bu dozun optimum etki düzeyinde olduğunu göstermektedir.

5 μ M GR24 uygulaması: 5 μ M dozunda GR24 uygulanan fidanlarda kök uzunluğu 16.5 cm ile en yüksek değerlerden biri olmuştur. Kök sayısı 44.7 ile çalışmadaki en yüksek değeri göstermektedir. Kök gelişim düzeyi yine 4.0 puanla maksimum seviyede kalmıştır. Kök yaş ağırlığı 3.93 g, kuru ağırlık 1.87 g ve kuru madde oranı %47.53 olarak ölçülmüştür. Bu sonuçlar, kök sayısındaki artışa karşın biyokütle değerlerinde hafif düşüşle birlikte, köklerin sayıca fazla ama daha ince yapılı olabileceğini düşündürmektedir. Yine de genel gelişim düzeyi açısından bu dozun oldukça başarılı olduğu düşünülmektedir.

10 μ M GR24 uygulaması: Bu dozda kök uzunluğu 12.2 cm'ye, kök sayısı ise 28.5 adete düşmüştür. Kök gelişim düzeyi 3.7 puanla yüksek olmakla birlikte, daha düşük dozlara göre hafif azalma göstermektedir. Kök yaş ağırlığı 2.89 g, kuru ağırlık 1.48 g ve kuru madde oranı %51.51 olarak ölçülmüştür. Bu değerler, yüksek dozun kök gelişiminde baskılayıcı bir etki oluşturabileceğini ve optimum sınırların üzerinde bir uygulamanın kök verimliliğini olumsuz etkileyebileceğini göstermektedir.

1 μ M GR24 + 2000 ppm IBA uygulaması: Bu kombinasyonda kök uzunluğu 11.2 cm, kök sayısı 29.3 adet ve kök gelişim düzeyi 3.3 olarak belirlenmiştir. Yaş ağırlık 3.77 g, kuru ağırlık 1.89 g ve kuru madde oranı %50.20'dir. Tek başına 1 μ M GR24 uygulamasına kıyasla gelişim düzeyinde düşüş gözlenmiştir. Bu da IBA ile düşük doz GR24'ün birlikte kullanımında potansiyel etkileşimin kök gelişimini baskılayabileceğini düşündürmektedir.

5 μ M GR24 + 2000 ppm IBA uygulaması: Bu doz kombinasyonunda kök uzunluğu 12.7 cm, kök sayısı 36.3 adet, gelişim düzeyi 3.5, yaş ağırlık 3.70 g, kuru ağırlık 1.92 g ve kuru madde oranı %51.75'tir. Kök sayısı ve uzunluğu bakımından tatmin edici sonuçlar elde edilse de gelişim düzeyi, tek başına GR24 uygulamalarına kıyasla düşüktür.

Bu, orta doz GR24 ile IBA'nın birlikte kullanımında da sinerjik etki oluşmadığını göstermektedir.

10 μ M GR24 + 2000 ppm IBA uygulaması: Bu grupta kök uzunluğu 11.8 cm, kök sayısı 38.3 adet, gelişim düzeyi 3.2 puan olarak ölçülmüş, kök yaş ağırlığı ise 5.03 g ile tüm gruplar arasında en yüksek değer olmuştur. Kök kuru ağırlığı 2.39 g, kuru madde oranı %48.23'tür. Yaş ağırlıkta sağlanan artışa rağmen gelişim düzeyindeki düşüş dikkat çekicidir. Bu durum, köklerin daha kalın ve su tutma kapasitesi yüksek olabileceğini ancak fizyolojik kalite açısından sınırlı kaldığını düşündürmektedir.

Negatif Kontrol: Kök uzunluğu 8.3 cm, kök sayısı 13.0 adet, gelişim düzeyi 2.5, yaş ağırlık 1.36 g, kuru ağırlık 0.68 g ve kuru madde oranı %50.42 olarak ölçülmüştür. Bu değerler, tüm uygulamalara göre anlamlı derecede düşüktür.

Pozitif Kontrol (2000 ppm IBA): Bu grupta kök uzunluğu 11.3 cm, kök sayısı 20.0 adet, gelişim düzeyi 3.0, yaş ağırlık 2.31 g, kuru ağırlık 1.16 g ve kuru madde oranı %50.49'dur. GR24 uygulamaları, tek başına IBA uygulamasına göre birçok parametrede üstün sonuçlar vermiştir. Bu durum, SL'lerin kök gelişiminde etkili bir alternatif olabileceğini ve klasik köklendirme hormonlarının yerini kısmen alabileceğini göstermektedir.

4.4 Sürgün Gelişimi ile İlgili İncelenen Özellikler

Sürgün gelişimi ile ilgili incelenen özellikler bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları Çizelge 4.4'te, uygulamaların sürgün gelişim özellikleri üzerine etkisi ise Şekil 4.3'de verilmiştir.

1 μ M GR24 uygulaması: Bu dozda uygulanan GR24, sürgün gelişimini belirgin biçimde desteklemiştir. Ortalama 31.3 cm ile en uzun sürgün uzunluğu bu grupta elde edilmiştir. Sürgün çapı 3.75 mm, yaş sürgün ağırlığı 13.2 g ve kuru ağırlık 6.84 g ile çalışmadaki en yüksek değerlere sahiptir. Kuru madde oranı %51.8 ile oldukça yüksektir. Bu veriler, düşük doz GR24'ün hem sürgün boyu hem de biyokütlesel gelişimi anlamında optimum düzeyde etkili olduğunu göstermektedir.

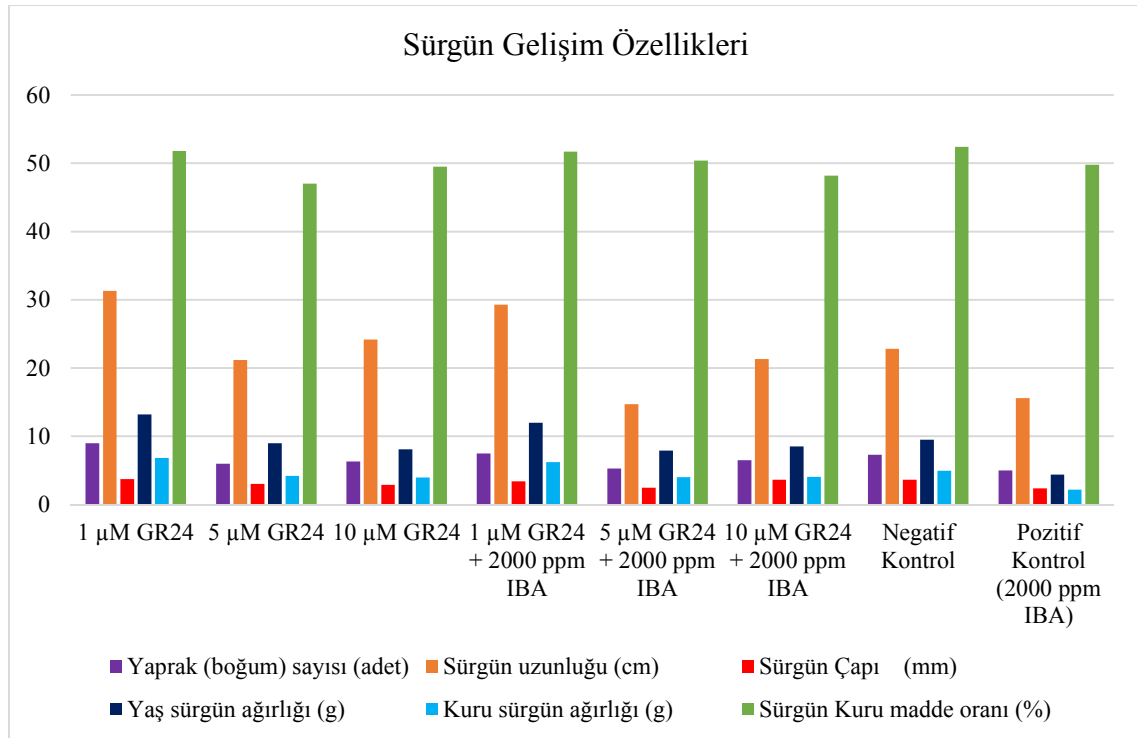
5 μ M GR24 uygulaması: Bu grupta sürgün uzunluğu 21.2 cm olup, düşük doz uygulamaya göre anlamlı derecede daha azdır. Sürgün çapı 3.02 mm, yaş sürgün ağırlığı 9.0 g, kuru ağırlık 4.22 g ve kuru madde oranı %47.0 olarak ölçülmüştür. Orta doz GR24,

sürgün gelişiminde kısmi bir düşüşe yol açmıştır. Yine de büyüme parametreleri genel olarak olumlu düzeydedir.

Çizelge 4.2 Sürgün gelişimi ile ilgili incelenen özellikler bakımından tanımlayıcı istatistikler ve karşılaştırma sonuçları

| Uygulama | Yaprak (Boğum) Sayısı (Adet) | Sürgün Uzunluğu (cm) | Sürgün Çapı (cm) | Yaş Sürgün Ağırlığı (g) | Kuru Sürgün Ağırlığı (g) | Sürgün Kuru Madde Oranı (%) |
|--------------------------------|------------------------------|----------------------|------------------|-------------------------|--------------------------|-----------------------------|
| 1 µM GR24 | 9.0 | 31.3 a | 3.75 a | 13.2 a | 6.84 a | 51.8 |
| 5 µM GR24 | 6.0 | 21.2 ab | 3.02 b | 9.0 ab | 4.22 b-d | 47.0 |
| 10 µM GR24 | 6.3 | 24.2 ab | 2.87 b-d | 8.1 bc | 3.98 cd | 49.5 |
| 1 µM GR24 + 2000 ppm IBA | 7.5 | 29.3 a | 3.39 ab | 12.0 b | 6.20 a | 51.7 |
| 5 µM GR24 + 2000 ppm IBA | 5.3 | 14.7 b | 2.47 cd | 7.9 bc | 4.03 b-d | 50.4 |
| 10 µM GR24 + 2000 ppm IBA | 6.5 | 21.3 ab | 3.63 a | 8.5 bc | 4.08 b-d | 48.2 |
| Negatif Kontrol | 7.3 | 22.8 ab | 3.64 a | 9.5 ab | 4.94 b | 52.4 |
| Pozitif Kontrol (2000 ppm IBA) | 5.0 | 15.6 b | 2.35 d | 4.4 c | 2.19 d | 49.8 |
| | ÖD | 10.4 | 0.59 | 4.45 | 2.17 | ÖD |

a, b, c,... ↓: Aynı sütünde farklı küçük harfi alan uygulamalar arası fark önemlidir (p<0.05).
ÖD: Önemli Değil



Şekil 4.3 Uygulamaların sürgün gelişim özellikleri üzerine etkisi

10 μ M GR24 uygulaması: Sürgün uzunluğu 24.2 cm ile orta düzeyde kalmış, çapı ise 2.87 mm'ye düşmüştür. Yaş sürgün ağırlığı 8.1 g, kuru ağırlık 3.98 g ve kuru madde oranı %49.5'tir. Bu veriler, yüksek doz GR24'ün sürgün gelişiminde baskılayıcı etkiler oluşturabileceğini düşündürmektedir.

1 μ M GR24 + 2000 ppm IBA uygulaması: Sürgün uzunluğu 29.3 cm, sürgün çapı 3.39 mm, yaş sürgün ağırlığı 12.0 g ve kuru ağırlık 6.20 g ile yüksek değerlere ulaşmıştır. Kuru madde oranı %51.7'dir. Tek başına 1 μ M GR24 uygulamasına göre hafif düşüş olsa da, bu kombinasyon sürgün gelişimi açısından başarılı bir sonuç göstermiştir.

5 μ M GR24 + 2000 ppm IBA uygulaması: Bu doz kombinasyonu ile elde edilen sürgün uzunluğu sadece 14.7 cm olup, çalışmadaki en düşük değerdir. Sürgün çapı 2.47 mm, yaş ağırlık 7.9 g, kuru ağırlık 4.03 g ve kuru madde oranı %50.4'tür. Bu sonuçlar, bu doz kombinasyonunun sürgün gelişimini baskıladığını göstermektedir.

10 μ M GR24 + 2000 ppm IBA uygulaması: Sürgün uzunluğu 21.3 cm, çapı 3.63 mm, yaş ağırlık 8.5 g ve kuru ağırlık 4.08 g olarak ölçülmüştür. Kuru madde oranı ise %48.2'dir. Sürgün çapı yüksek olmasına karşın, uzunluk ve ağırlık açısından orta seviyede kalmıştır. Bu kombinasyon, sürgün hacmini artırsa da uzamayı sınırlamış olabilir.

Negatif kontrol: Sürgün uzunluğu 22.8 cm, çapı 3.64 mm, yaş ağırlık 9.5 g, kuru ağırlık 4.94 g ve kuru madde oranı %52.4'tür. Kuru madde oranı en yüksek değer olup, gelişimin doğal sürecinde iyi bir denge oluştuğunu göstermektedir.

Pozitif kontrol (2000 ppm IBA): Sürgün uzunluğu sadece 15.6 cm, çapı 2.35 mm ile en düşük değeri göstermektedir. Yaş ağırlık 4.4 g, kuru ağırlık 2.19 g ve kuru madde oranı %49.8'dir. Bu sonuçlar, tek başına IBA'nın sürgün gelişiminde oldukça sınırlı etkili olduğunu ortaya koymaktadır.



5. TARTIŞMA VE SONUÇ

5.1 Fidan Randımanı

1 µM GR24 uygulaması, %91.1 ile en yüksek toplam fidan randımanına ulaşmış ve bu sonuç, hem I. boy fidan randımanı (%82.2) hem de II. boy fidan randımanı (%8,9) açısından da öne çıkmıştır. Bunu sırasıyla %88.9 ve %88.2 ile 5 µM ve 10 µM GR24 uygulamaları takip etmiştir. Bu bulgu, düşük dozlu GR24 uygulamasının optimum fidan randımanı sağladığını ve muhtemelen fizyolojik olarak genç fidanların köklenme/doğru hormonal yanıtı alabilmesi için en uygun doza işaret ettiğini düşündürmektedir. Özellikle 10 µM GR24 gibi daha yüksek dozlar, kökte ya da gövdede fizyolojik stres oluşturup II. boy fidan oranını (13.7%) artırırken, toplam fidan randımanını düşük doz kadar artırmamıştır. GR24'ün IBA ile kombinasyonuna bakıldığında, ilginç bir şekilde, 1 µM GR24 + 2000 ppm IBA ve 5 µM GR24 + 2000 ppm IBA uygulamaları toplam fidan randımanını anlamlı derecede azaltmış (%79.1 ve %78.9), tek başına GR24'e göre daha zayıf bir sonuç ortaya koymuştur. 10 µM GR24 + 2000 ppm IBA kombinasyonu ise nispeten daha iyi bir değer (%87.5) sunarken, yine de tek başına GR24 uygulamasının gerisinde kalmıştır. Bu, yüksek konsantrasyonda sentetik oksin (IBA) ile strigolakton (GR24) kombinasyonunun, köklenme ve fidan gelişimi üzerine olumsuz bir etkileşim (antagonizm) oluşturabileceğini; özellikle düşük ve orta doz GR24 varlığında bunun daha belirgin olduğunu göstermektedir. Literatürde anaç-kalem etkileşimleriyle ilgili yapılan kapsamlı analizlerde, kök gelişimi ve fidan kalitesini etkileyen temel faktörlerin sadece genotip, çevre ve klasik hormonlar değil; ayrıca köklenmede görev alan yeni sinyal bileşenleri olduğuna işaret edilmektedir (Smart vd., 2006; Miele ve Rizzon, 2017). Ayrıca kök ortamındaki hormonal dengenin bozulması, özellikle genç fidanların oksidatif stres yanıtı veya fenilpropanoid birleşenleri gibi metabolik yanıtlarını da modüle etmektedir (Corso vd., 2015).

Etkinlik açısından bakıldığında, tek başına uygulanan düşük doz GR24 (%91.1) uygulamasının, yaygın olarak kullanılan 2000 ppm IBA uygulamasından (%74.0) belirgin şekilde daha yüksek fidan randımanı sağladığı görülmektedir. Bu bulgu, GR24'ün Narince/110R kombinasyonunda IBA'ya kıyasla çok daha üstün bir köklendirme hormonu potansiyeline sahip olduğunu düşündürmektedir. Maliyet analizi açısından ise strigolakton analogu olan GR24'ün ticari preparatlarının, geleneksel sentetik oksin (IBA)

preparatlarına göre başlangıçta daha yüksek birim fiyata sahip olduğu bilinmektedir. Ancak, GR24'ün çok daha düşük konsantrasyonlarda (μM düzeyinde) bile etkili olması ve IBA'nın yüksek dozlarda (ppm düzeyinde) kullanılması gerektiği göz önüne alındığında, birim fidan başına düşen hormon maliyetinin uzun vadede ve geniş ölçekli üretimde GR24 için rekabetçi ve/veya daha uygun olabileceği düşünülmelidir. Yüksek fidan randımanı ile elde edilen verimlilik artışı, potansiyel olarak daha yüksek başlangıç maliyetini dengeleyebilir ve genel üretim karlılığını artırabilir.

Pozitif kontrol grubunda (sadece 2000 ppm IBA) %74.0 toplam fidan randımanı elde edilirken, negatif kontrolde (herhangi bir uygulama olmayan) bu oran %64.0'dır. Buradan yüksek doz IBA'nın tek başına fidan randımanını anlamlı derecede artırdığı, ancak uygulanan GR24 dozları ve kombinasyonlarına kıyasla daha az etkili olduğu anlaşılmaktadır. Ayrıca, köklendirme başarısında yalnızca oksinlere değil, aynı zamanda yeni fitohormonların da entegre edilmesinin önemli bir fırsat olduğunu belirtmek gerekir (Bianchi ve Brancadoro, 2021).

Sonuç olarak, düşük doz GR24 uygulaması, yüksek fidan randımanına ulaşmak için Narince/110R kombinasyonunda etkili bir stratejidir. Buna karşın, GR24 + IBA kombinasyonlarında özellikle yüksek IBA dozlarının, kök ve sürgün gelişimini optimize etmeyip hatta baskılayabildiği dikkate alınmalıdır. Farklı fitohormonların potansiyel etkileşimleri ve moleküler etki mekanizmaları henüz çok net olmadığından, özellikle köklenme aşamasında fizyolojik ve transkriptomik bazda ileri araştırmalar yapılmalıdır (Corso vd., 2015; Bianchi ve Brancadoro, 2021). Bu yaklaşım hem klasik hem de yeni nesil anaç-kalem kombinasyonları ile en yüksek verimli, kaliteli ve stres toleranslı asma fidanı üretimi için yol gösterici olacaktır.

5.2 Kök Gelişimi

Narince/110R kombinasyonunda farklı GR24 ve IBA uygulamalarının kök gelişimi üzerine etkileri değerlendirildiğinde, sonuçlar hem morfolojik hem de fizyolojik açıdan dikkat çekici bulgular ortaya koymaktadır. 1 ve 5 μM GR24 uygulamaları, kök uzunluğu (16.2-16.5 cm), kök sayısı (37.0-44.7 adet) ve kök gelişim düzeyi (4.0) açısından en yüksek değerleri sunmuştur. Ayrıca, yaş kök ağırlığı ve kuru kök ağırlığı bakımından da olumlu sonuçlar görülmektedir; bu da GR24'ün düşük dozlarda kök morfolojisini güçlendirdiğini

göstermektedir. Kök kuru madde oranının %51'in üzerinde gerçekleşmesi, köklerin daha sağlıklı ve fonksiyonel bir yapıda olduğunu işaret etmektedir.

GR24 uygulamalarındaki bu olumlu kök yanıtı, SL'lerin kökte lateral kök oluşumu, kılcal kök gelişimi ve genel kök mimarisi üzerindeki düzenleyici rolüyle uyumludur (Kapulnik ve Koltai 2014; Koltai, 2015). SL'Lerin kökte PIN-FORMED (PIN) oksin taşıyıcılarının taşınımı ve lokalizasyonu aracılığıyla oksin sinyalizasyonu ile etkileşime geçtiği gösterilmiştir. Bu sinyalizasyon, kök büyümesi ve yan kök gelişimi için kritik öneme sahiptir. Özellikle düşük dozlarda eksojen GR24 uygulaması, kök sisteminin daha komple ve verimli oluşmasını destekleyebilir (Koltai, 2015). Ancak bulgulara göre, 10 μ M GR24 uygulamasında tüm kök özelliklerinde (uzunluk, sayı, gelişim düzeyi) azalma gözlenmiş, bu da SL'lerin doza bağlı olarak kök gelişimini baskılayabileceğine işaret etmektedir. Önceki çalışmalar bu doza göre değişen yanıtı doğrulamaktadır (De Cuyper vd., 2015).

GR24 + IBA kombinasyonlarına bakıldığında, 5 μ M GR24 + 2000 ppm IBA uygulaması kök gelişim düzeyi ve kök sayısı açısından olumlu katkı sağlamakla birlikte, en yüksek kök uzunluğu yalnızca GR24 uygulamalarında gözlenmiştir. Yüksek IBA uygulamasının tek başına veya GR24 ile birlikte uygulanmasının kök uzunluğunu ve gelişimini sınırladığı görülmüştür. Oksinlerin (özellikle IBA ve IAA türevleri), kök gelişiminde kritik rol oynadığı, ancak yüksek konsantrasyonlarda kök uzamasını yavaşlatıp lateral kök oluşumunu teşvik ettiği bilinmektedir (Tanimoto, 2005). Ayrıca, oksin ve SL'lerin kök gelişiminde kapsamlı sinyal yolları üzerinden karşılıklı etkileşim içinde olduğu ve optimum hormon dengesinin dışsal uygulama ile bozulabileceği bildirilmiştir (Koltai, 2015; Roychoudhry ve Kepinski 2021).

Pozitif kontrol grubunda (2000 ppm IBA), kök uzunluğu 4.4 cm ile en düşük değer olarak tespit edilmiştir. Bu sonuç, oksin fazlalığının kök uçlarında hücre uzamasını baskılayarak, net kök gelişimini inhibe edebileceğini göstermektedir (Tanimoto, 2005). Negatif kontrolde ise (hiçbir uygulama olmayan), kök özelliklerinin genel olarak düşük fakat IBA'ya göre daha yüksek olduğu izlenmektedir; bu da kök gelişiminde endojen hormon dengesinin önemiyle ilişkilendirilebilir.

Moleküler düzeyde, kök gelişimi ve morfolojisi, sadece hormon uygulamalarının miktarıyla değil aynı zamanda çevresel faktörlerle (su, besin, stresi) ve genotip ile de şekillenmektedir. Aslında, güncel transkriptomik çalışmalar köklerde fenilpropanoid yollarının (ör. resveratrol birikimi) stres toleransının artmasında önemli rol oynadığını

göstermektedir (Corso vd., 2015). Farklı kök genotiplerinin ve ortam koşullarının da kök derinliği, yayılımı ve yoğunluğunu etkilediği, ancak kök fonksiyonelliğinde genetik köken kadar çevresel koşulların ve hormonal düzenlemenin de önemli olduğu vurgulanmaktadır (Smart vd., 2006; Lecourt vd., 2015; Miele ve Rizzon, 2017).

Sonuç olarak, elde edilen bulgular, GR24'ün kök gelişimini en iyi düşük ve orta dozlarda (1 ve 5 μ M) teşvik ettiğini, IBA'nın ise yüksek dozlarda kök uzamasını baskılayabileceğini ortaya koymaktadır. SL ve IBA kombinasyonunda ise optimum doz stratejisinin belirlenmesi gerekmektedir. Ayrıca, kök gelişiminin, moleküler ve fizyolojik mekanizmaları açısından daha derinlemesine analizler (örneğin omiks yaklaşımlar) ile desteklenmesi ve kök-sürgün ilişkisiyle beraber bütüncül olarak değerlendirilmesi gereklidir. Bu veriler, özellikle stresli koşullara adapte ve yüksek randımanlı anaç-kalem kombinasyonları geliştirmek için önemli bir bilimsel taban sunmaktadır (Tandonnet vd., 2009; Gambetta vd., 2012; Bianchi ve Brancadoro, 2021).

5.3 Sürgün Gelişimi

Sürgün gelişimine ilişkin bulgular, 110R üzerine aşılı Narince fidanlarında uygulanan GR24 ve IBA'nın doz ve kombinasyonlarına göre çok belirgin farklılıklar ortaya koymuştur. Sadece 1 μ M GR24 uygulamasının hem sürgün uzunluğu (31.3 cm), hem boğum/sürgün sayısı (9.0), hem çap (3.75 mm), hem de taze ve kuru sürgün ağırlığı bakımından oldukça yüksek çıktığı görülmektedir. Bu bulgu, SL'lerin düşük dozlarda sürgün uzamasını ve kütle gelişimini destekleyici bir rol üstlendiğini göstermektedir. Bunun yanında, sürgün kuru madde oranı da %51.8 ile oldukça yüksektir; bu durum, morfolojik büyümeyle birlikte fonksiyonel kalite özelliklerinin de güçlendiğini göstermektedir.

Daha yüksek GR24 dozlarında ve özellikle IBA ile kombinasyonlarında ise sürgün büyüme parametrelerinde belirgin bir azalma görülmektedir. 10 μ M GR24 uygulamasında sürgün uzunluğu 24.8 cm'ye, boğum sayısı 6.3'e, sürgün çapı ise 2.87 mm'ye inmiş, taze ve kuru sürgün ağırlığı da buna paralel olarak düşmüştür. Bu sonuç, SL'lerin bitkide doz ve dengeye duyarlı regülatörler olduğunu, yüksek dozda ise lateral sürgün baskılanmasının ve apikal dominans mekanizmasının abartılı devreye girdiğine işaret etmektedir. Nitekim mevcut literatürde SL'lerin özellikle D53-like/SMXL proteinleri üzerinden dallanmayı baskıladığı, dolayısıyla yan sürgünlerin gelişimini azalttığı belirtilmiştir (Wang vd., 2015).

Buradan hareketle, özellikle apikal sürgünlerin denetiminde SL'lerin önemli olduğu; ancak doz aşımıyla negatif etkilerin baskınlaşabildiği söylenebilir.

GR24 + IBA kombinasyonlarında, beklenen sinerjistik artış genellikle gözlenmemiştir. Özellikle 5 µM GR24 + 2000 ppm IBA uygulamasında sürgün uzunluğu, çapı ve kuru madde oranı daha da azalmaktadır. Bu sonuç, oksin ve SL arasındaki etkileşimin kök ve sürgün büyümesinde karşılıklı bir kompleks etki yarattığını göstermektedir. Oksinlerin (özellikle IBA), sürgün uzaması ve boğum oluşturma üzerine doğrudan etkili olduğu bilinmektedir, ancak yüksek konsantrasyonlarda hem kök hem sürgün gelişiminde inhibisyon söz konusu olabilmektedir (Tanimoto, 2005; Roychoudhry ve Kepinski, 2021). Ayrıca SL'lerin, oksinin taşınımı ve algılanmasını baskılayarak sürgün gelişimini doğrudan düzenlediği de yine güncel bulgularda ortaya koyulmuştur (Koltai, 2015; Wang vd., 2015). Bu nedenle strigolakton-oksın dengesinin kırıldığı noktalarda sürgünlerde büyüme kısıtlanmakta ve biyokütle üretimi azalmaktadır.

Pozitif kontrol grubunda (2000 ppm IBA), sürgün parametrelerinin asgari seviyelere indiği gözlemlenmektedir. Bu durum, IBA'nın yüksek konsantrasyonlarda hem kök hem sürgün gelişimini frenleyici bir etki yarattığını desteklemektedir (Tanimoto, 2005). Negatif kontrolde ise hem sürgün uzunluğu hem çapı ve diğer büyüme parametrelerinin düşük/orta seviyede kalması, endojen hormon dengesinin sürgün gelişimi için tek başına yeterli olamayacağını göstermektedir. En yüksek sürgün gelişimi ve kalite parametreleri yalnızca düşük doz GR24 ile elde edilmiştir.

Sonuçların uluslararası araştırmalar ışığında değerlendirilmesi, kök-sürgün etkileşimlerinin hem genotip (anaç-kalem kombinasyonu), hem çevre hem de hormonal sinyalizasyon ile şekillendiğini göstermektedir. Mevcut bulgulara paralel şekilde, köklerin hidrolik iletkenliğinin ve mineral besin alımının, yalnızca kök morfolojisine değil sürgün büyüme kuvveti (vigör) ve yaprak alanı gibi üst yapısal özelliklere de doğrudan yansımaları olduğu bilinmektedir (Gambetta vd., 2012; Lecourt vd., 2015). Temel olarak, anaç-kalem etkileşimlerinin, metabolik ve transkriptomik düzeyde tüm biyokütle paylaşımlarını yeniden şekillendirdiği ortaya konmuştur ve bu değişkenlik sadece hormonal müdahalelere değil, aynı zamanda genetik ve çevreye de bağlıdır (Tandonnet vd., 2009; Miele ve Rizzon, 2017).

Ayrıca, son yıllarda kök ve sürgün arasındaki karşılıklı sinyal alışverişinin bitki biyokütle paylaşımı ve gelişimi üzerinde dinamik bir kontrol sahası oluşturduğu, özellikle stres koşullarına adaptasyon için fenilpropanoid metabolizmasının (stilbenler) devreye

girdiği keşfedilmiştir. Özellikle kuraklık stresi altında, köklerce üretilen fenilpropanoidlerin, sürgün büyümesi ve hayatta kalma kapasitesiyle yakından ilişkili olduğu gösterilmektedir (Corso vd., 2015). Bu tip fizyolojik ve moleküler yanıtların belirleyiciliği, sadece büyüme parametrelerine değil, ilerleyen safhalarda üzüm kalitesine ve ürün verimine de doğrudan etki etmektedir.

Sonuç olarak, 110R üzerine aşılı Narince’de düşük doz GR24 uygulaması sürgün gelişimi ve kalite özellikleri için en optimum hormon stratejisi olarak öne çıkmaktadır. Yüksek GR24 dozları ve özellikle IBA ile kombinasyon ise büyümeyi baskılamakta; bu da hormonlar arasında optimum dengenin korunmasının önemini göstermektedir. Bu bulgular, bağıcılıkta genotip seçimi yanında hassas hormonal yönetimin de önem kazandığını ortaya koymakta; ayrıca anaç-kalem-hormon etkileşimlerinin çok boyutlu analizlerle (ör. omik teknolojiler) desteklenmesi gerekliliğini işaret etmektedir (Tandonnet vd., 2009; Corso vd., 2015; Miele ve Rizzon, 2017).

Öneriler;

- Fidan gelişiminde düşük doz (1 μ M) GR24 uygulaması, Narince/110R kombinasyonu için önerilmektedir. Yüksek doz veya GR24 + IBA kombinasyonlarından kaçınılmalıdır.
- Anaç ve kalem seçimi yapılırken, genotipin kök ve sürgün gelişimi ile biyokütle dağılımına etkisi dikkatle gözetilmelidir. Aynı zamanda bulunan toprak, iklim ve stres koşulları mutlaka analiz edilmelidir.
- Hormon uygulamalarının etkisini anlamak için fizyolojik ölçütlere ek olarak kök ve sürgün dokularında gen ekspresyonu, fenilpropanoid yolları ve antioksidan birikimi gibi omiks bazlı analizler yapılmalıdır.
- Fidan üretiminde hormon uygulamaları için en uygun dönem ve yöntemlerin belirlenmesi, hem randıman hem de kalite parametreleri açısından önemlidir.
- SL’lerin zor köklenen Amerikan asma anaçlarının köklenme sürecine potansiyel katkı sağlayabileceği düşünülmektedir. Bu doğrultuda yapılacak uygulamalı çalışmalar, hem fidan üretiminde başarı oranını artırmada hem de sürdürülebilir bağıcılık uygulamalarına katkı sağlama açısından önemli açılımlar sunabilir.

Gelecekteki araştırmalar;

Kök-sürgün-hormon üçgeninin çevresel stres koşullarındaki (örneğin kuraklık veya tuzluluk) etkilerinin incelenmesi ayrıca tavsiye edilmektedir. Böylece biyotik ve abiyotik stres toleransının artırılması yönünde yeni anaç-kalem-hormon kombinasyonlarına ulaşmak mümkün olacaktır.





KAYNAKLAR

- Akiyama, K., Hayashi, H. (2006). Strigolactones: chemical signals for fungal symbionts and parasitic weeds in plant roots. *Annals of Botany*, 97(6), 925-931.
- Al-Babili, S., Bouwmeester, H. J. (2015). Strigolactones, a novel carotenoid-derived plant hormone. *Annual Review of Plant Biology*, 66(1), 161-186.
- Ameen, F., Hussain, I., Afzal, S., Rasheed, R., Ashraf, M. A., Iqbal, M. (2025). Crosstalk between strigolactones and major hormones in plants under abiotic stresses. *South African Journal of Botany*, 177, 187-200.
- Arıkan, S., Karaman, Ş. (2021). Strigolaktonlar; Bitkisel Hormonlar Sınıfının Yeni Üyesi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 27, 735-746.
- Bhatt, M. D., Bhatt, D. (2020). Strigolactones in overcoming environmental stresses. In A. Roychoudhury, D. K. Tripathi (Ed.), *Protective chemical agents in the amelioration of plant abiotic stress: biochemical and molecular perspectives* (pp. 327-341). Wiley-Blackwell: Chichester, England.
- Bianchi, D., Brancadoro, L. (2021). Water use efficiency and nutritional status of a new grapevine rootstock selection. *Horticulturae*, 7(11), 503.
- Borghini, L., Liu, G. W., Emonet, A., Kretschmar, T., Martinoia, E. (2016). The importance of strigolactone transport regulation for symbiotic signaling and shoot branching. *Planta*, 243(6), 1351-1360.
- Bouwmeester, H., Schuurink, R. C., Bleeker, P. M., Schiestl, F. (2019). The role of volatiles in plant communication. *The Plant Journal*, 100(5), 892-907.
- Boyno, G., Rezaee Danesh, Y., Demir, S., Teniz, N., Mulet, J. M., Porcel, R. (2023). The complex interplay between arbuscular mycorrhizal fungi and strigolactone: mechanisms, synergies, applications and future directions. *International Journal of Molecular Sciences*, 24(23), 16774.
- Brewer, P. B., Dun, E. A., Ferguson, B. J., Rameau, C., Beveridge, C. A. (2009). Strigolactone acts downstream of auxin to regulate bud outgrowth in pea and Arabidopsis. *Plant Physiology*, 150(1), 482-493.
- Brewer, P. B., Koltai, H., Beveridge, C. A. (2013). Diverse roles of strigolactones in plant development. *Molecular Plant*, 6(1), 18-28.
- Butler, L. G. (1995). Chemical communication between the parasitic weed *Striga* and its crop host: a new dimension in allelochemistry. In K. Inderjit, F. A. Einhellig (Ed.), *Insights into allelopathy* (pp. 158-168). ACS Books: Washington, USA.
- Cheng, X., Ruyter-Spira, C., Bouwmeester, H. (2013). The interaction between strigolactones and other plant hormones in the regulation of plant development. *Frontiers in Plant Science*, 4, 199.
- Chesterfield, R. J., Vickers, C. E., Beveridge, C. A. (2020). Translation of strigolactones from plant hormone to agriculture: achievements, future perspectives, and challenges. *Trends in Plant Science*, 25(11), 1087-1106.
- Chi C, Xu X, Wang M, Zhang H, Fang P, Zhou J, Xia X, Shi K, Zhou Y, Yu J. Strigolactones positively regulate abscisic acid-dependent heat and cold tolerance in tomato. *Horticulture Research*, 8(1), 237.
- Cook, C. E., Whichard, L. P., Turner, B., Wall, M. E., Egle, G. H. (1966). Germination of witchweed (*Striga lutea* Lour.): isolation and properties of a potent stimulant. *Science*, 154(3753), 1189-1190.
- Corso, M., Vannozzi, A., Maza, E., Vitulo, N., Meggio, F., Pitacco, A., ... Lucchin, M. (2015). Comprehensive transcript profiling of two grapevine rootstock genotypes

- contrasting in drought susceptibility links the phenylpropanoid pathway to enhanced tolerance. *Journal of Experimental Botany*, 66(19), 5739-5752.
- Çelik, H. (1983). Sera koşullarında tüplü asma fidanı üretimi. **Türkiye II. Bağcılık ve Şarapçılık Sempozyumu**, Manisa, Türkiye.
- Çelik, H. (2006). **Üzüm Çeşit Kataloğu**. Sunfidan A.Ş. Mesleki Kitaplar Serisi, 3. Ankara, Türkiye.
- Çelik, H., Uyar, Z. (1992). Serada tüplü asma fidanı üretiminde tüp büyüklüğünün fidan randımanı ve kalitesi üzerine etkileri. **I. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi**, İzmir Türkiye.
- Çelik, M., Gargin, S. (2009). Bazı Amerikan anaçlarının köklenme yetenekleri üzerine Indol-bütirik asit (IBA) dozları ve çelik kalınlıklarının etkileri. **7. Türkiye Bağcılık ve Teknolojileri Sempozyumu**, Manisa, Türkiye.
- De Cuyper, C., Fromentin, J., Yocgo, R. E., De Keyser, A., Guillotin, B., Kunert, K., ... Goormachtig, S. (2015). From lateral root density to nodule number, the strigolactone analogue GR24 shapes the root architecture of *Medicago truncatula*. *Journal of Experimental Botany*, 66(1), 137-146.
- Du, H., Huang, F., Wu, N., Li, X., Hu, H., Xiong, L. (2018). Integrative regulation of drought escape through ABAdependent and-independent pathways in rice. *Molecular Plant*, 11(4), 584- 597.
- Emamverdian, A., Ding, Y., Xie, Y. (2020). The role of new members of phytohormones in plant amelioration under abiotic stress with an emphasis on heavy metals. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(2), 1009-1020.
- Evers, J. B., van der Krol, A. R., Vos, J., Struik, P. C. (2011). Understanding shoot branching by modelling form and function. *Trends in Plant Science*, 16(9), 464-467.
- Faizan, M., Faraz, A., Sami, F., Siddiqui, H., Yusuf, M., Gruszka, D., Hayat, S. (2020). Role of strigolactones: Signalling and crosstalk with other phytohormones. *Open Life Sciences*, 15(1), 217-228.
- Gambetta, G. A., Manuck, C. M., Drucker, S. T., Shaghasi, T., Fort, K., Matthews, M. A., ... McElrone, A. J. (2012). The relationship between root hydraulics and scion vigour across *Vitis* rootstocks: what role do root aquaporins play?. *Journal of Experimental Botany*, 63(18), 6445-6455.
- Gomez-Roldan, V., Roux, C., Girard, D., Bécard, G., Puech, V. (2007). Strigolactones: promising plant signals. *Plant signaling & Behavior*, 2(3), 163-164.
- Gomez-Roldan, V., Fermas, S., Brewer, P. B., Puech-Pagès, V., Dun, E. A., Pillot, J. P., ...Rochange, S. F. (2008). Strigolactone inhibition of shoot branching. *Nature*, 455(7210), 189-194.
- Halouzka, R., Zeljković, S. Č., Klejdus, B., Tarkowski, P. (2020). Analytical methods in strigolactone research. *Plant Methods*, 16(1), 76.
- Hartmann, H.T., Kester, D.E., Davies Jr., F.T. Geneve, R.L. (2011) *Plant Propagation: Principles and Practices*. Prentice Hall: New Jersey, USA.
- Joshi, N., Nautiyal, P., Papnai, G. (2019). Unravelling diverse roles of strigolactones in stimulating plant growth and alleviating various stress conditions: A review. *J Pharmaco Phytochem*, 8(5), 396-404.
- Kapulnik, Y., Resnick, N., Mayzlish-Gati, E., Kaplan, Y., Wininger, S., Hershenhorn, J., Koltai, H. (2011). Strigolactones interact with ethylene and auxin in regulating root-hair elongation in *Arabidopsis*. *Journal of Experimental Botany*, 62(8), 2915-2924.

- Kapulnik, Y., Koltai, H. (2014). Strigolactone involvement in root development, response to abiotic stress, and interactions with the biotic soil environment. *Plant Physiology*, 166(2), 560-569.
- Koltai, H. (2013). Strigolactones activate different hormonal pathways for regulation of root development in response to phosphate growth conditions. *Annals of Botany*, 112(2), 409- 415.
- Koltai, H. (2015). Cellular events of strigolactone signalling and their crosstalk with auxin in roots. *Journal of Experimental Botany*, 66(16), 4855-4861.
- Koltai, H., Beveridge, C. A. (2013). Strigolactones and the coordinated development of shoot and root. In F. Baluška (Ed.), *Long-distance systemic signaling and communication in plants* (pp. 189-204). Springer: Berlin, Almanyana.
- Koltai, H., Dor, E., Hershenhorn, J., Joel, D. M., Weininger, S., Lekalla, S., ... Kapulnik, Y. (2010). Strigolactones' effect on root growth and root-hair elongation may be mediated by auxin-efflux carriers. *Journal of Plant Growth Regulation*, 29(2), 129-136.
- Koltai, H., Kapulnik, Y. (2011). Strigolactones as mediators of plant growth responses to environmental conditions. *Plant Signaling & Behavior*, 6(1), 37-41.
- Kusajima, M., Fujita, M., Soudthelath, K., Nakamura, H., Yoneyama, K., Nomura, T., ... Nakashita, H. (2022). Strigolactones modulate salicylic acid-mediated disease resistance in *Arabidopsis thaliana*. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(9), 5246.
- Lechat, M. M., Brun, G., Montiel, G., Véronési, C., Simier, P., Thoiron, S., Pouvreau, J., B., Delavault, P. (2015). Seed response to strigolactone is controlled by abscisic acid-independent DNA methylation in the obligate root parasitic plant, *Phelipanche ramosa* L. Pomel. *Journal of Experimental Botany*, 66(11), 3129-3140.
- Lecourt, J., Lauvergeat, V., Ollat, N., Vivin, P., Cookson, S. J. (2015). Shoot and root ionome responses to nitrate supply in grafted grapevines are rootstock genotype dependent. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 21(2), 311-318.
- Madison, I., Gillan, L., Peace, J., Gabrieli, F., Van den Broeck, L., Jones, J. L., Sozzani, R. (2023). Phosphate starvation: response mechanisms and solutions. *Journal of Experimental Botany*, 74(21), 6417-6430.
- Marro, N., Lidoy, J., Chico, M. Á., Rial, C., García, J., Varela, R. M., ... López-Ráez, J. A. (2022). Strigolactones: New players in the nitrogen-phosphorus signalling interplay. *Plant, Cell & Environment*, 45(2), 512-527.
- Marzec, M. (2016a). Perception and signaling of strigolactones. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1260.
- Marzec, M. (2016b). Strigolactones as part of the plant defence system. *Trends Plant Science*, 16, 30121-30122.
- Mashiguchi, K., Sasaki, E., Shimada, Y., Nagae, M., Ueno, K., Nakano, T., Nakano, T., Yoneyama, K., Suzuki, Y., Asami, T. (2009). Feedback-regulation of strigolactone biosynthetic genes and strigolactone-regulated genes in *Arabidopsis*. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*, 73(11), 2460- 2465.
- Miele, A., Rizzon, L. A. (2017). Rootstock-scion interaction: 1. Effect on the yield components of Cabernet Sauvignon grapevine. *Revista Brasileira de Fruticultura*, 39(1), e-820.
- Min, Z., Li, R., Chen, L., Zhang, Y., Li, Z., Liu, M., Ju, Y., Fang, Y. (2019). Alleviation of drought stress in grapevine by foliar-applied strigolactones. *Plant Physiology and Biochemistry*, 135, 99-110.

- Mishra, S., Upadhyay, S., Shukla, R. K. (2017). The role of strigolactones and their potential cross-talk under hostile ecological conditions in plants. *Frontiers in Physiology*, 7, 691.
- Mori, K., Matsui, J., Yokota, T., Sakai, H., Bando, M., Takeuchi, Y. (1999). Structure and synthesis of orobanchol, the germination stimulant for *Orobanche minor*. *Tetrahedron Letters*, 40(5), 943-946.
- Mostofa, M. G., Li, W., Nguyen, K. H., Fujita, M., Tran, L. S. P. (2018). Strigolactones in plant adaptation to abiotic stresses: An emerging avenue of plant research. *Plant, Cell & Environment*, 41(10), 2227-2243.
- Nasir, F., Tian, L., Shi, S., Chang, C., Ma, L., Gao, Y., Tian, C. (2019). Strigolactones positively regulate defense against *Magnaporthe oryzae* in rice (*Oryza sativa*). *Plant Physiology and Biochemistry*, 142, 106-116.
- Plantgrape. (2023). Catalogue of grapevines cultivated in France. Erişim tarihi: 1 Nisan 2023. Erişim adresi: <https://plantgrape.plantnet-project.org/en/portegreffe/110%20Richter>
- Polat, M.E., Keskin, N., Yağcı, A. (2023). Yeni fitohormon strigolaktonlar ve asmada (*Vitis vinifera* L.) kök mimarisini düzenlemedeki rolleri. **5. Uluslararası Multidisipliner Bilimsel Çalışmalar ve Küresel Uygulamaları Kongresi**, Bakü, Azerbaycan.
- Rameau, C., Goormachtig, S., Cardinale, F., Bennett, T., Cubas, P. (2019). Strigolactones as plant hormones. In H. Koltai, C. Prandi (Ed.), *Strigolactones-Biology and Applications* (pp. 47-87). Springer Nature: Cham, Switzerland.
- Roychoudhry, S., Kepinski, S. (2022). Auxin in root development. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 14(4), a039933.
- Scaffidi, A., Waters, M. T., Ghisalberti, E. L., Dixon, K. W., Flematti, G. R., Smith, S. M. (2013). Carlactone- independent seedling morphogenesis in *Arabidopsis*. *The Plant Journal*, 76(1), 1-9.
- Smart, D. R., Schwass, E., Lakso, A., Morano, L. (2006). Grapevine rooting patterns: a comprehensive analysis and a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(1), 89-104.
- Schaefer, H. 1982. Physiologische Untersuchungen zur veredlungsaffinität und kallus Bildung der Reben II, Analysen des kallus. *Wein Wissenschaft*, 37(4), 87.95.
- Smart, D. R., Schwass, E., Lakso, A., Morano, L. (2006). Grapevine rooting patterns: a comprehensive analysis and a review. *American Journal of Enology and Viticulture*, 57(1), 89-104.
- Smith, S. M. (2014). Q&A: What are strigolactones and why are they important to plants and soil microbes?. *BMC Biology*, 12(1), 1-7.
- Soliman, S., Wang, Y., Han, Z., Pervaiz, T., El-Kereamy, A. (2022). Strigolactones in plants and their interaction with the ecological microbiome in response to abiotic stress. *Plants*, 11(24), 3499.
- Steinkellner, S., Lenzemo, V., Langer, I., Schweiger, P., Khaosaad, T., Toussaint, J. P., Vierheilig, H. (2007). Flavonoids and strigolactones in root exudates as signals in symbiotic and pathogenic plant-fungus interactions. *Molecules*, 12(7), 1290-1306.
- Sun, H., Li, W., Burritt, D. J., Tian, H., Zhang, H., Liang, X., ... Tran, L. S. P. (2022). Strigolactones interact with other phytohormones to modulate plant root growth and development. *The Crop Journal*, 10(6), 1517-1527.
- Sun, H., Tao, J., Liu, S., Huang, S., Chen, S., Xie, X., Yoneyama, K., Zhang, Y., Xu, G. (2014). Strigolactones are involved in phosphate-and nitrate-deficiency-induced root

- development and auxin transport in rice. *Journal of Experimental Botany*, 65(22), 6735-6746.
- Sun, H., Tao, J., Gu, P., Xu, G., Zhang, Y. (2016). The role of strigolactones in root development. *Plant Signaling & Behavior*, 11(1), e1110662.
- Tandonnet, J. P., Cookson, S. J., Vivin, P., Ollat, N. (2010). Scion genotype controls biomass allocation and root development in grafted grapevine. *Australian Journal of Grape and Wine Research*, 16(2), 290-300.
- Tanimoto, E. (2005). Regulation of root growth by plant hormones-roles for Auxin and gibberellin. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 24(4), 249-265.
- Toh, S., Kamiya, Y., Kawakami, N., Nambara, E., McCourt, P., Tsuchiya, Y. (2012). Thermoinhibition uncovers a role for strigolactones in Arabidopsis seed germination. *Plant and Cell Physiology*, 53(1), 107-117.
- Torres-Vera, R., García, J. M., Pozo, M. J., López-Ráez, J. A. (2014). Do strigolactones contribute to plant defence? *Molecular Plant Pathology*, 15(2), 211-216.
- Tsuchiya, Y., Vidaurre, D., Toh, S., Hanada, A., Nambara, E., Kamiya, Y., Yamaguchi, S., McCourt, P. (2010). A smallmolecule screen identifies new functions for the plant hormone strigolactone. *Nature Chemical Biology*, 6(10), 741- 749.
- Ueda, H., Kusaba, M. (2015). Strigolactone regulates leaf senescence in concert with ethylene in Arabidopsis. *Plant Physiology*, 169(1), 138-147.
- Umehara, M., Hanada, A., Magome, H., Takeda-Kamiya, N. Yamaguchi, S. (2010) Contribution of strigolactones to the inhibition of tiller bud outgrowth under phosphate deficiency in rice. *Plant Cell Physiology*, 51(7), 1118-1126.
- Umehara, M., Cao, M., Akiyama, K., Akatsu, T., Seto, Y., Hanada, A., Li, W., Takeda-Kamiya, N., Morimoto Y., Yamaguchi, S. (2015). Structural requirements of strigolactones for shoot branching inhibition in rice and Arabidopsis. *Plant and Cell Physiology*, 56(6), 1059-1072.
- Van Ha, C., Leyva-González, M. A., Osakabe, Y., Tran, U. T., Nishiyama, R., Watanabe, Y., Tanaka, M., Seki, M., Yamaguchi, S., Dong, N. V., Yamaguchi-Shinozaki, K., Shinozaki, K., Herrera-Estrella, L., Tran, L. S. P. (2014). Positive regulatory role of strigolactone in plant responses to drought and salt stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 111(2), 851-856.
- Wang, L., Wang, B., Jiang, L., Liu, X., Li, X., Lu, Z., ... Li, J. (2015). Strigolactone signaling in Arabidopsis regulates shoot development by targeting D53-like SMXL repressor proteins for ubiquitination and degradation. *The Plant Cell*, 27(11), 3128-3142.
- Xie, X., Yoneyama, K., Yoneyama, K. (2010). The Strigolactone Story. *Annual Review of Phytopathology*, 48(1), 93-117.
- Yamada, Y., Furusawa, S., Nagasaka, S., Shimomura, K., Yamaguchi, S., Umehara, M. (2014). Strigolactone signaling regulates rice leaf senescence in response to a phosphate deficiency. *Planta*, 240(2), 399-408.
- Yamada, Y., Umehara, M. (2015). Possible roles of strigolactones during leaf senescence. *Plants*, 4(3), 664-677.
- Yoneyama, K., Brewer, P. B. (2021). Strigolactones, how are they synthesized to regulate plant growth and development? *Current Opinion in Plant Biology*, 63, 102072.
- Yoneyama, K., Xie, X., Yoneyama, K., Takeuchi, Y. (2009). Strigolactones: structures and biological activities. *Pest Management Science: Formerly Pesticide Science*, 65(5), 467-470.

- Yoneyama, K., Brewer, P. B. (2021). Strigolactones, how are they synthesized to regulate plant growth and development? *Current Opinion in Plant Biology*, 63, 102072.
- Zheng, Y., Wang, X., Cui, X., Wang, K., Wang, Y., He, Y. (2023): Phytohormones regulate the abiotic stress: An overview of physiological, biochemical, and molecular responses in horticultural crops. *Frontiers in Plant Science*, 13, 1095363.
- Zwanenburg, B., Pospíšil, T. (2013). Structure and activity of strigolactones: new plant hormones with a rich future. *Molecular Plant*, 6(1), 38-62



ÖZ GEÇMİŞ

Kişisel Bilgiler

Adı Soyadı : Mehmet Emin POLAT

Eğitim Bilgileri

Lisans

Üniversite : Harran Üniversitesi

Fakülte : Ziraat Fakültesi

Bölüm : Tarım Ekonomisi

Mezuniyet Yılı : 2015

Akademik Yayınlar

Polat, M.E., Keskin, N., Yağcı., A. (2023). Yeni fitohormon strigolaktonlar ve asmada (*Vitis vinifera* L.) kök mimarisini düzenlemedeki rolleri. **5. Uluslararası Multidisipliner Bilimsel Çalışmalar ve Küresel Uygulamaları Kongresi**, Bakü, Azerbaycan.



VAN YÜZÜNCÜ YIL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
LİSANSÜSTÜ TEZ ORJİNALLİK RAPORU

Tarih 17/07/2025

Tez Başlığı: Strigolakton Uygulamalarının Asma Fidan Randıman ve Kalitesi Üzerine Etkileri

Yukarıda başlığı belirtilen tez çalışmamın, kapak sayfası, giriş, ana bölümler ve sonuç bölümlerinden oluşan toplam 36 (otuz altı) sayfalık kısmına ilişkin, 17/07/2025 tarihinde şahsım/tez danışmanım tarafından Turnitin adlı intihal tespit programından aşağıda belirtilen filtrelemeler uygulanarak alınmış olan orijinallik raporuna göre tezimin benzerlik oranı %5 (beş) dir.

Uygulanan filtreler aşağıda verilmiştir:

- Kabul ve onay sayfası hariç,
- Teşekkür hariç,
- İçindekiler hariç,
- Simge ve kısaltmalar hariç,
- Gereç ve yöntemler hariç,
- Kaynakça hariç,
- Alıntılar hariç,
- Tezden çıkan yayınlar hariç,
- 7 kelimedenden daha az örtüşme içeren metin kısımları hariç (Limit match size to 7 words)

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Lisansüstü Tez Orijinallik Raporu Alınması ve Kullanılmasına İlişkin Yönergeyi inceledim ve bu yönergede belirtilen azami benzerlik oranlarına göre tez çalışmamın herhangi bir intihal içermediğini; aksinin tespit edileceği muhtemel durumda doğabilecek her türlü hukuki sorumluluğu kabul ettiğimi ve yukarıda vermiş olduğum bilgilerin doğru olduğunu beyan ederim.

Gereğini bilgilerinize arz ederim.

Tarih ve İmza
17.07.2025

Adı Soyadı: Mehmet Emin POLAT
Öğrenci No: 159101007
Anabilim Dalı: Bahçe Bitkileri
Programı: Bağ Yetiştiriciliği ve Islahı
Statüsü: (X) Yüksek lisans () Doktora

DANIŞMAN
Prof. Dr. Nurhan KESKİN
UYGUNDUR

ENSTİTÜ ONAYI
Prof. Dr. Harun AKKUŞ
UYGUNDUR