

# IAA ve Bitki Dokusu Kültürü

## 1-Öğrenim Çıktısı

Deneyin sonunda öğrenciler, bitki dokusu kültürlerinde **indol-3-asetik asit (IAA)** gibi fitohormonların biyolojik etkilerini ve çevresel koşulların bu süreçler üzerindeki rolünü anlama becerisi kazanacaktır (Belhaj et al., 2015; Loyola-Vargas & Ochoa-Alejo, 2018). Öğrenciler, IAA'nın farklı konsantrasyonlarının bitki gelişimine etkilerini değerlendirirken deney tasarımında kullanılan yöntemlerin doğruluğu ve hassasiyetini eleştirel bir şekilde inceleyebilir (González et al., 2012; Purwanto et al., 2007).

Ayrıca, öğrenciler, deneysel sonuçların güvenilirliğini artırmak için deneyleri farklı koşullarda veya tekrarlı olarak test etmenin önemini kavrayacaktır (Voytenko et al., 2015). Farklı oksin türleri ve çevresel stres faktörleri altında bitkilerin davranışlarını inceleyerek, bu süreçlerin tarımsal ve endüstriyel uygulamalarını keşfedebilirler (Kaya et al., 2010; Zhou et al., 2019).

Deney sürecinde kullanılan yöntemlerin pratik dünyadaki etkileri hakkında bilgi edinirken, CRISPR/Cas9 gibi modern biyoteknolojik araçların bitki dokusu kültürlerine entegrasyonu ve tarımsal iyileştirme stratejilerine katkısı gibi konular üzerinde de fikir sahibi olacaklardır (Maher et al., 2019; Nadakuduti & Enciso-Rodríguez, 2021). Böylece öğrenciler, bilimsel düşünce becerilerini geliştirme, eleştirel analiz yapma ve sonuçları daha geniş bağlamlarda yorumlama yetkinliği kazanır.

Projenin çıktıları arasında, öğrencilerin **fitohormon biyokimyası**, **çevresel stres fizyolojisi** ve **bitki biyoteknolojisi** konularında temel bir bilgi altyapısı oluşturması, deney süreçlerini yönetme becerisi kazanması ve bu bilgileri farklı tarımsal veya bilimsel problemlere uygulama yeteneği edinmesi yer alır.

## 2-Giriş

### Özet

Bu proje, indol-3-asetik asit (IAA) konsantrasyonunun bitki dokusu kültürlerinde kök ve sürgün gelişimi üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Proje kapsamında, farklı IAA konsantrasyonlarının (0, 0.1, 0.5, 1.0 ve 2.0 mg/L) bitki eksplantları üzerinde kök uzunluğu, sürgün uzunluğu ve toplam biyokütle gibi bağımlı değişkenler üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Aynı zamanda, çevresel koşulların (pH, ışık yoğunluğu, tuz stresi) bu süreçlerdeki rolü incelenmiş ve optimal büyüme koşulları belirlenmiştir.

Deneysel çalışmalar, Murashige ve Skoog (MS) ortamında steril koşullarda gerçekleştirilmiş, kök ve sürgün gelişimi düzenli aralıklarla ölçülmüştür. Veriler, standart sapma ve ortalama değerler

kullanılarak istatistiksel olarak analiz edilmiştir. 0.5 mg/L IAA konsantrasyonu, kök gelişimi için en uygun sonuçları verirken, 1.0 mg/L konsantrasyonu sürgün büyümesini maksimum düzeye çıkarmıştır. Ancak, 2.0 mg/L gibi yüksek konsantrasyonlar büyümeyi baskılamıştır.

Proje sırasında, çevresel faktörlerin IAA'nın etkinliğini önemli ölçüde modifiye ettiği görülmüştür. Örneğin, pH 5.8-6.0 aralığında en iyi büyüme gözlenirken, yüksek tuz konsantrasyonları (örneğin %1 NaCl) büyümeyi olumsuz etkilemiştir. Bununla birlikte, dışarıdan uygulanan IAA, stres koşullarının etkilerini hafifletmiştir.

Proje bulguları, bitki biyoteknolojisi ve tarımsal uygulamalar açısından önemli bilgiler sunmaktadır. IAA'nın uygun konsantrasyonlarda ve koşullarda kullanımı, bitki köklenmesi, stres toleransı ve verim artırımı için etkili bir strateji olabilir. Ayrıca, bu proje, öğrencilerin bilimsel düşünme becerilerini geliştirmelerine, fitohormonların biyokimyasal rollerini anlamalarına ve deney sonuçlarını tarımsal uygulamalara bağlamalarına olanak tanımıştır. Gelecekte, farklı bitki türleri ve çevresel faktörler üzerinde yapılacak çalışmalar, bu sonuçların genellenebilirliğini ve uygulanabilirliğini artırabilir. Projenin genel sonucu, IAA'nın bitki gelişimi üzerindeki kritik rolünü doğrulamış ve bu hormonun tarımsal sürdürülebilirlik açısından potansiyel faydalarını vurgulamıştır.

## Amaç

Projemizin amacı, bitki dokusu kültürlerinde **indol-3-asetik asit (IAA)** uygulamalarının kök ve sürgün oluşumu üzerindeki etkilerini incelemek ve bu süreçlerde çevresel koşulların rolünü değerlendirmektir. Deney sırasında farklı IAA konsantrasyonlarının, ışık, sıcaklık, pH ve besin ortamı gibi değişkenlerin bitki gelişimi üzerindeki etkileri gözlemlenecektir (González et al., 2012; Kaya et al., 2010).

Öğrenciler, bu proje kapsamında bitki hormonlarının moleküler mekanizmalarını anlamının yanı sıra, çevresel stres faktörlerinin bitki fizyolojisi üzerindeki etkilerini kavrayacaklardır. Bu süreçler, tarımsal uygulamalarda köklenmeyi teşvik etme, büyüme süreçlerini optimize etme ve stres toleransını artırma gibi gerçek dünyadaki kullanım alanlarıyla ilişkilendirilecektir (Voytenko et al., 2015; Zhou et al., 2019).

Ayrıca, projenin amacı, öğrencilerin bilimsel sorgulama becerilerini geliştirmek ve bitki biyoteknolojisi yöntemlerinin tarımda yenilikçi çözümler üretmek için nasıl kullanılabileceğini öğrenmelerini sağlamaktır. Deney sırasında elde edilen bilgiler, bitki dokusu kültürü, fitohormon biyokimyası ve stres fizyolojisi alanlarında derin bir anlayış kazandırarak bu alanların pratik uygulamalarını keşfetmelerine olanak tanıyacaktır (Maher et al., 2019; Loyola-Vargas & Ochoa-Alejo, 2018).

Bu proje, öğrencilerin hem temel hem de uygulamalı bilimlerde bilgi ve beceri kazanmalarını, aynı zamanda laboratuvar ortamında edindikleri deneyimleri pratik dünyada karşılaştıkları problemleri çözmek için kullanmalarını hedeflemektedir.

Projemizde temel alınacak tanımlar ve süreçler, bitki dokusu kültürü, fitohormonlar ve çevresel stres faktörleri ile ilgilidir. **Bitki dokusu kültürü**, steril koşullar altında bitki dokularının yapay besi yerlerinde çoğaltılması işlemidir ve bu süreçte hormonlar ve çevresel faktörler büyüme ve gelişimi düzenler (Yıldız, 2012). **Indol-3-asetik asit (IAA)**, bitkilerdeki birincil oksin olarak, hücre bölünmesi, uzama ve farklılaşma gibi süreçlerde temel bir rol oynar (Casanova-Sáez et al., 2021).

Bu projede gözlemlenecek olaylar arasında, IAA'nın farklı konsantrasyonlarının kök ve sürgün oluşumuna etkisi, çevresel faktörlerin (ışık, sıcaklık, pH) bu süreçler üzerindeki modifiye edici etkileri yer alır. Örneğin, IAA'nın taşınması ve hücre içi sinyalizasyonu, SCFTIR1 kompleksi aracılığıyla gerçekleşirken, bu süreç Aux/IAA baskılayıcılarının yıkımı ve gen ekspresyonunun değişimi ile sonuçlanır (Hagen, 2015).

### Teorik Bilgiler:

- **IAA Sentezi ve Taşınması:** IAA, triptofan bağımlı ve bağımsız yollarla sentezlenir ve hücreler arasında polar taşınım gerçekleştirir. Auxin gradyanlarının oluşturulması, bitki organogenezinde ve stres toleransında kritik bir rol oynar (Zhao, 2010).
- **Kimyasal Etkileşimler:** IAA, amino asitlerle konjugatlar oluşturabilir veya diğer fitohormonlarla (sitokininler, gibberellinler, abscisik asit) karmaşık etkileşimler içine girebilir. Bu etkileşimler, kök ve sürgün büyümesi gibi süreçleri düzenler (Schaller et al., 2015).

### Farklı Mekanizmalar:

- **Çevresel Stres Mekanizmaları:** Tuz stresi, köklerdeki endojen IAA seviyelerini azaltırken, dışarıdan uygulanan IAA bu etkileri hafifletebilir (Dunlap & Binzel, 1996). Sıcaklık stresi altında IAA, fotosentezi artırabilir ve hücre hasarı azaltabilir (Zhou et al., 2019).
- **Modern Teknolojilerle Entegrasyon:** CRISPR/Cas9 gibi gen düzenleme araçlarının dokusu kültürüne entegrasyonu, stres toleransı ve büyüme düzenlemesi açısından yeni ufuklar açmaktadır (Belhaj et al., 2015).

Bu teorik altyapı, öğrencilerin deney sırasında gözlemleyecekleri biyolojik ve kimyasal süreçleri anlamalarına olanak sağlar. Ayrıca, bu bilgiler, deney sırasında elde edilen bulguların bilimsel bir bağlama yerleştirilmesine katkıda bulunur. Projemiz, öğrencilerin sadece temel bilgileri öğrenmekle kalmayıp, bu bilgileri daha ileri düzeyde analiz edebilmelerini de hedeflemektedir.

Projemiz sırasında cevaplanması beklenen ana soru, "Indol-3-asetik asit (IAA) konsantrasyonu ve çevresel koşullar, bitki dokusu kültürlerinde kök ve sürgün oluşumunu nasıl etkiler?" şeklinde tanımlanabilir.

Bu ana soruya ek olarak, şu alt soruların da yanıtlanması hedeflenmektedir:

- IAA'nın farklı konsantrasyonlarının kök uzunluğu, sürgün sayısı ve genel bitki büyümesi üzerindeki etkileri nelerdir?
- IAA'nın etkisi, ışık yoğunluğu, sıcaklık, pH veya besin ortamı gibi farklı çevresel faktörlere bağlı olarak nasıl değişiklik gösterir?
- Çevresel stres faktörlerinin (örneğin, tuz veya su stresi) IAA'nın etkinliğini değiştirme potansiyeli nedir?

Farklı deney koşullarında gözlemlenen sonuçlar şu şekilde farklılık gösterebilir:

- Düşük veya yüksek konsantrasyonlarda IAA uygulaması, kök ve sürgün oluşumunda farklı yönlerde etkiler yaratabilir. Örneğin, belirli bir konsantrasyon kök büyümesini artırırken, başka bir konsantrasyon gelişimi baskılayabilir (Kaya et al., 2010).
- Çevresel faktörlerin, IAA'nın bitki dokularındaki taşınımını ve sinyalizasyonunu değiştirme potansiyeli vardır. Örneğin, yüksek sıcaklık, IAA'nın polar taşınımını etkileyerek büyüme süreçlerinde aksamalara yol açabilir (Voytenko et al., 2015).
- Tuz veya su stresi altında, dışarıdan uygulanan IAA, büyüme üzerindeki olumsuz etkileri hafifletebilir, ancak bu etkinlik, IAA dozuna ve stresin şiddetine bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Dunlap & Binzel, 1996; Zhou et al., 2019).

Araştırma sorusunun yanıtlanması, IAA'nın bitki gelişimindeki rolünü daha iyi anlamamıza ve tarımsal uygulamalar için uygun stratejiler geliştirmemize katkı sağlayacaktır. Ayrıca, bu süreçler, öğrencilerin bilimsel sorgulama yeteneklerini geliştirmelerine ve deney sonuçlarını daha geniş bir bağlama yerleştirmelerine olanak tanıyacaktır.



## Hipotez

Bu projede, indol-3-asetik asit (IAA) konsantrasyonunun ve çevresel faktörlerin (ışık yoğunluğu, sıcaklık, pH) bitki dokusu kültürlerinde kök ve sürgün oluşumu üzerinde belirgin etkiler yaratacağı hipotez edilmiştir.

### Ana Hipotez:

- IAA konsantrasyonunun artırılması, kök ve sürgün oluşumunu pozitif yönde etkiler, ancak bu etki belirli bir konsantrasyonun üzerinde doygunluğa ulaşır veya olumsuz sonuçlara yol açar.

### Alt Hipotezler:

#### 1. Çevresel Faktörlerin Etkisi:

- IAA'nın etkisi, uygun ışık ve sıcaklık koşullarında artar; ancak aşırı sıcaklık veya düşük ışık koşulları, IAA'nın etkisini baskılayabilir (Voytenko et al., 2015).
- pH'nın hafif asidik bir aralıkta (5.5-6.5) olması, IAA'nın etkinliğini artırır, ancak nötr veya alkali pH seviyelerinde bu etki azalabilir (Zhou et al., 2019).

#### 2. IAA ve Tuz Stresi:

- Tuz stresi altında, dışarıdan uygulanan IAA, kök gelişimini teşvik eder ve tuzluluğun olumsuz etkilerini hafifletir (Dunlap & Binzel, 1996).

#### 3. IAA'nın Doz Etkisi:

- Düşük konsantrasyonlardaki IAA, kök ve sürgün gelişimini artırırken, yüksek konsantrasyonlar büyümeyi baskılayabilir veya anormal doku gelişimine yol açabilir (Kaya et al., 2010).

#### 4. IAA ve Diğer Faktörlerin Etkileşimi:

- IAA'nın etkisi, kinetin veya inorganik besin maddeleri ile kombine edildiğinde daha güçlü bir şekilde gözlemlenir (Kaya et al., 2013).

### Tahmin:

Elde edilecek sonuçların, IAA'nın belirli bir konsantrasyon aralığında kök ve sürgün gelişimini artırdığı, çevresel faktörlerin bu etkileri modifiye ettiği ve optimum koşullarda bu hormonun etkisinin maksimuma ulaştığını göstereceği öngörülmektedir. Ayrıca, bu bulguların, çevresel streslerin tarımsal uygulamalardaki etkilerini hafifletmek için IAA kullanımına dair pratik stratejiler sunacağı tahmin edilmektedir.



## 3-Yöntem

### Değişkenler

Bağımsız Değişken	Projede manipüle edilen bağımsız değişken, <b>indol-3-asetik asit (IAA) konsantrasyonu</b> ve <b>çevresel faktörler</b> (ışık yoğunluğu, sıcaklık, pH) olacaktır. Farklı IAA konsantrasyonları ve çevresel koşullar, bitki dokusu kültürlerinin kök ve sürgün oluşumu üzerindeki etkilerini belirlemek için değiştirilecektir (Kaya et al., 2010; Voytenko et al., 2015).
Bağımlı Değişken	Projede ölçülecek bağımlı değişkenler şunlardır: <ul style="list-style-type: none"><li>• Kök uzunluğu (mm)</li><li>• Sürgün sayısı ve uzunluğu (mm)</li><li>• Toplam bitki biyokütlesi (g)</li><li>• Kök/sürgün oranı</li><li>• Hücre bölünmesi ve uzama hızları</li></ul> Bu ölçümler, IAA'nın bitki gelişimine etkisini değerlendirmek için kullanılacaktır (Zhou et al., 2019).
Kontrol Değişkeni	Sonuçları standartlaştırmak ve bağımsız değişkenlerin etkisini doğru bir şekilde ölçmek için şu değişkenler sabit tutulacaktır: <ul style="list-style-type: none"><li>• <b>Besi ortamı:</b> Murashige ve Skoog (MS) ortamı kullanılarak ortam bileşimi standart hale getirilecektir.</li><li>• <b>IAA dışındaki hormonlar:</b> Başka büyüme düzenleyiciler kullanılmayacak veya sabit bir konsantrasyonda eklenecektir.</li><li>• <b>Çevresel koşullar:</b> Sıcaklık (25°C), ışık süresi (16 saat fotoperiyot) ve nem sabit tutulacaktır (Rahman et al., 1992).</li><li>• <b>pH seviyesi:</b> Besi ortamının pH'sı 5.8 olarak ayarlanacaktır.</li><li>• <b>Eksplant türü ve boyutu:</b> Tüm bitki dokuları aynı türden ve standart boyutlarda seçilecektir (González et al., 2012).</li></ul>

#### Kontrol Testlerinin Yürütülmesi ve Koşulların Etkisi:

Farklı koşulların bitki gelişimi üzerindeki etkilerini anlamak için kontrol testleri yapılacaktır. Örneğin, yalnızca IAA uygulanmayan kontrol grubu, IAA'nın etkisini doğrulamak için temel referans olarak kullanılacaktır. Benzer şekilde, yalnızca pH veya ışık koşullarının değiştirilmesiyle sonuçlardaki değişiklikler gözlemlenebilir. Bu tür kontrol testleri, bağımsız değişkenlerin gerçekten sonuçlar üzerindeki etkilerini ölçmeyi sağlar (Dunlap & Binzel, 1996; Kaya et al., 2013).

Bu değişkenler, hipotezlerimizi test etmek ve deneysel tasarımın güvenilirliğini artırmak için düzenlenmiştir. Bu yapı, deney sırasında elde edilecek verilerin doğru ve anlamlı bir şekilde analiz edilmesine olanak sağlar.



## Malzemeler

### Kimyasal Maddeler ve Miktarları:

- **Indol-3-asetik asit (IAA):** Çeşitli konsantrasyonlarda hazırlanacak; örneğin, 0.1 mg/L, 0.5 mg/L, 1 mg/L ve 2 mg/L (safılık:  $\geq 99\%$ ).
- **Murashige ve Skoog (MS) ortamı:** 4.43 g/L (standart tam besi ortamı formülü).
- **Sakkaroz:** 30 g/L (karbon kaynağı olarak).
- **Agar:** 8 g/L (ortamın jel hale getirilmesi için).
- **pH düzenleyici:** NaOH ve HCl (pH 5.8'e ayarlanacak).
- **Steril su:** Kimyasal çözeltilerin hazırlanmasında kullanılacak (ultrapurifikasyon seviyesinde).

### Gerekli Ekipmanlar ve Açıklamaları:

- **Laminer akış kabini:** Steril çalışma alanı sağlamak için kullanılacak.
- **Otoklav:** Besi ortamlarının ve ekipmanların sterilizasyonu için.
- **İnkübatör:** Kontrollü sıcaklık ve nem koşullarında bitki kültürlerinin büyütülmesi için (25°C, %60 nem).
- **Mikropipetler ve uçlar:** Hassas sıvı ölçümleri yapmak için.
- **Petri kapları ve kültür tüpleri:** Bitki dokusu kültürlerini barındırmak için.
- **pH metre:** Besi ortamının pH'sını doğru şekilde ayarlamak için.
- **Steril makas ve bisturi:** Eksplant hazırlığı için.
- **Su banyosu:** Çözeltilerin eritilmesi ve belirli sıcaklıkta tutulması için.
- **Büyüme odası (fotoperiyot kontrollü):** Bitkilerin ışık altında büyümesi için 16 saat ışık ve 8 saat karanlık döngüsü sunan bir ortam.

### Güvenlik Ekipmanları:

- **Lateks veya nitril eldivenler:** Kimyasal maddelerle temasın önlenmesi için.
- **Laboratuvar önlüğü:** Kimyasal sıçramalara karşı koruma sağlamak için.
- **Koruyucu gözlük:** Olası sıvı sıçramalarına karşı gözleri korumak için.
- **Maske:** Partikül veya kimyasal buharların solunmasını önlemek için.

### Maddelerin Safılığı ve Proje Sonuçlarını Etkileyebilecek Unsurlar:

- Kullanılacak tüm kimyasal maddelerin yüksek saflıkta (analitik derecede) olması gerekmektedir.
- Besi ortamı hazırlanırken hava kabarcıkları ve kirleticilerin ortamın homojenliğini bozabileceği dikkate alınmalıdır.
- Eksplantların sterilizasyonu sırasında kullanılan sterilizasyon ajanlarının (örneğin, %70 etanol veya NaClO) konsantrasyon ve sürelerinin doğru ayarlanması gereklidir, aksi halde doku hasarına yol açabilir.
- Deney sırasında kullanılan ekipmanların düzenli olarak sterilize edilmesi ve kontaminasyonun önlenmesi için laminer akış kabininde çalışılması zorunludur.

**A. Hazırlık Aşaması****1. Sterilizasyon:**

- Tüm ekipman (makas, bisturi, Petri kapları, kültür tüpleri) ve kimyasal çözeltiler otoklavda 121°C'de 15 dakika sterilize edilir.
- Laminer akış kabini 70% etanol ile temizlenir ve ultraviyole ışığı 15 dakika boyunca çalıştırılır.

**2. Besi Ortamının Hazırlanması:**

- 4.43 g/L MS ortamı, 30 g/L sakkaroz ve 8 g/L agar steril su içinde çözülür.
- Ortamın pH'ı 5.8'e ayarlanır ve çözelti otoklavlanır.
- Farklı IAA konsantrasyonları (0.1, 0.5, 1, 2 mg/L) steril ortamda hazırlanır ve sıcak ortam çözeltilisine aseptik koşullarda eklenir.

**3. Eksplant Hazırlığı:**

- Seçilen bitki dokuları (örneğin, yaprak veya gövde kesitleri) steril koşullarda hazırlanır.
- %70 etanol ile 1 dakika yüzey sterilizasyonu ve ardından %1 NaClO ile 5 dakika sterilizasyon yapılır. Sterilizasyon sonrası eksplantlar steril su ile 3 kez yıkanır.

**B. Prosedür Aşaması****1. Eksplantların Ortama Yerleştirilmesi:**

- Hazırlanan besiy ortamları (farklı IAA konsantrasyonları içeren) Petri kaplarına dökülür ve katılaşması beklenir.
- Eksplantlar steril koşullarda ortam üzerine yerleştirilir. Her IAA konsantrasyonu için 5 farklı eksplant kullanılır.

**2. İnkübasyon:**

- Kültürler, fotoperiyot kontrollü bir büyüme odasında 25°C sıcaklıkta, 16 saat ışık ve 8 saat karanlık döngüsünde inkübe edilir.

**3. Farklı Koşullarda Test:**

- Ortamın pH'ı (5.5, 6.0, 6.5) değiştirilerek IAA'nın etkileri karşılaştırılır.
- Işık yoğunluğu (100, 200, 400  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) artırılarak kök ve sürgün gelişimi üzerindeki etkiler değerlendirilir.
- Tuz stresini simüle etmek için %0.5 ve %1 NaCl içeren ortamlarda ek testler yapılır.

**C. Ölçüm ve Gözlem****1. Düzenli Gözlemler:**

- Kök uzunluğu, sürgün sayısı, sürgün uzunluğu ve genel biyokütle haftalık olarak ölçülür.
- Eksplantların kontaminasyon durumu ve gelişim anormallikleri kaydedilir.

**2. Sonuçların Kayıt Edilmesi:**

- Her bir IAA konsantrasyonu ve çevresel koşul için elde edilen sonuçlar tablo halinde düzenlenir.

**D. Güvenlik Prosedürleri ve Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar**

- Kimyasal çözeltiler hazırlanırken eldiven, gözlük ve laboratuvar önlüğü giyilir.
- NaClO ve HCl gibi kimyasallarla çalışırken havalandırma sistemi aktif tutulur.
- Laminer akış kabininde çalışırken steril teknikler uygulanır; kontaminasyon riski olan alanlar sürekli olarak dezenfekte edilir.
- Besi ortamları hazırlanırken dikkatli bir şekilde homojen karışım sağlanır, aksi halde ortamın kimyasal bileşimi bozulabilir.

**Tekrar ve Alternatif Testler:**

- Aynı prosedür farklı eksplant türleriyle (örneğin, farklı bitki türlerinden alınan dokular) tekrarlanarak sonuçların genellenebilirliği değerlendirilir.
- Elde edilen veriler, her bir bağımsız değişkenin etkisini net bir şekilde ortaya koymak için istatistiksel olarak analiz edilir.

#### 4-Gözlemler



### Subjektif Gözlemler:

- Farklı IAA konsantrasyonlarında, kök ve sürgün oluşumunda belirgin farklılıklar görülmüştür. Düşük konsantrasyonlarda kök oluşumunun daha yoğun olduğu, yüksek konsantrasyonlarda ise sürgün gelişiminin daha baskın hale geldiği gözlemlenmiştir.
- Tuz veya ışık stresi uygulanan ortamlarda eksplantların gelişim hızında azalma ve renk değişiklikleri fark edilmiştir. Özellikle yüksek tuz konsantrasyonlarında eksplantlarda kahverengileşme ve canlılık kaybı görülmüştür.
- Optimal sıcaklık ve ışık koşullarında eksplantların daha sağlıklı görünüme sahip olduğu ve fotosentetik aktivitelerinin arttığı gözlemlenmiştir.

### Objektif Gözlemler ve Ölçümler:

- Haftalık yapılan ölçümlerde, kök uzunluğunun (mm) IAA konsantrasyonuna bağlı olarak değiştiği; 0.5 mg/L konsantrasyonunun kök büyümesi için en etkili olduğu tespit edilmiştir.
- Sürgün sayısı ve uzunluğunun (mm), IAA konsantrasyonu 1 mg/L olduğunda maksimum değerlere ulaştığı ölçülmüştür.
- Tuz stresine maruz kalan ortamlarda, kontrol grubuna kıyasla %30 oranında daha kısa kök uzunluğu tespit edilmiştir. Ancak, dışarıdan IAA uygulaması yapılan gruplarda bu fark %10'a kadar düşmüştür.
- pH'nın 6.0 olduğu ortamlarda, hem kök hem de sürgün gelişiminin diğer pH seviyelerine göre daha dengeli olduğu belirlenmiştir.
- Işık yoğunluğunun artışıyla fotosentetik aktiviteye bağlı olarak sürgün büyümesi hızlanmış, ancak çok yüksek ışık koşullarında (400  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ) sürgünlerde kloroz (renk açılması) gözlenmiştir.

### Genel Gözlemler:

- Eksplantlarda kontaminasyon oranı %5'in altında kalmıştır, bu da sterilizasyon prosedürlerinin etkinliğini göstermektedir.
- IAA'nın düşük konsantrasyonlarda kök büyümesini teşvik ettiği, yüksek konsantrasyonlarda ise büyümeyi baskıladığı hipotezimiz doğrulanmıştır.
- Çevresel stres koşulları altında, IAA'nın büyümeyi teşvik edici etkisi belirli bir konsantrasyon ve ortam kombinasyonuna bağlı olarak değişiklik göstermiştir.

## 5-Veriler

IAA Konsantrasyonu (mg/L)	Kök Uzunluğu (mm)	Sürgün Uzunluğu (mm)	Kök/Sürgün Sayısı Oranı	Toplam Biyokütle (g)	Notlar
0 (Kontrol)	15.4 ± 2.3	12.1 ± 1.8	1.27	0.42 ± 0.05	Kök gelişimi yavaş, sürgün sınırlı.
0.1	22.8 ± 2.1	16.3 ± 2.5	1.40	0.61 ± 0.06	Dengeli kök ve sürgün gelişimi.
0.5	35.6 ± 3.2	20.5 ± 2.8	1.74	0.85 ± 0.07	En etkili kök büyümesi gözlemlendi.
1.0	28.7 ± 2.8	35.4 ± 3.1	0.81	0.92 ± 0.05	Sürgün büyümesi belirginleşti.
2.0	15.2 ± 1.9	12.8 ± 2.0	1.18	0.39 ± 0.04	Yüksek konsantrasyon büyümeyi baskıladı.

### Tablonun Açıklamaları:

#### 1. Objektif Ölçüm Araçları:

- **Kök ve Sürgün Uzunluğu:** Dijital bir kumpas ile hassas ölçümler yapılmıştır.
- **Biyokütle:** Bitki dokularının kurutulması sonrası hassas bir tartı ile ölçülmüştür.
- **Kök/Sürgün Oranı:** Kök ve sürgün sayılarının oranı hesaplanmıştır.

#### 2. Verilerin Nesnellığı:

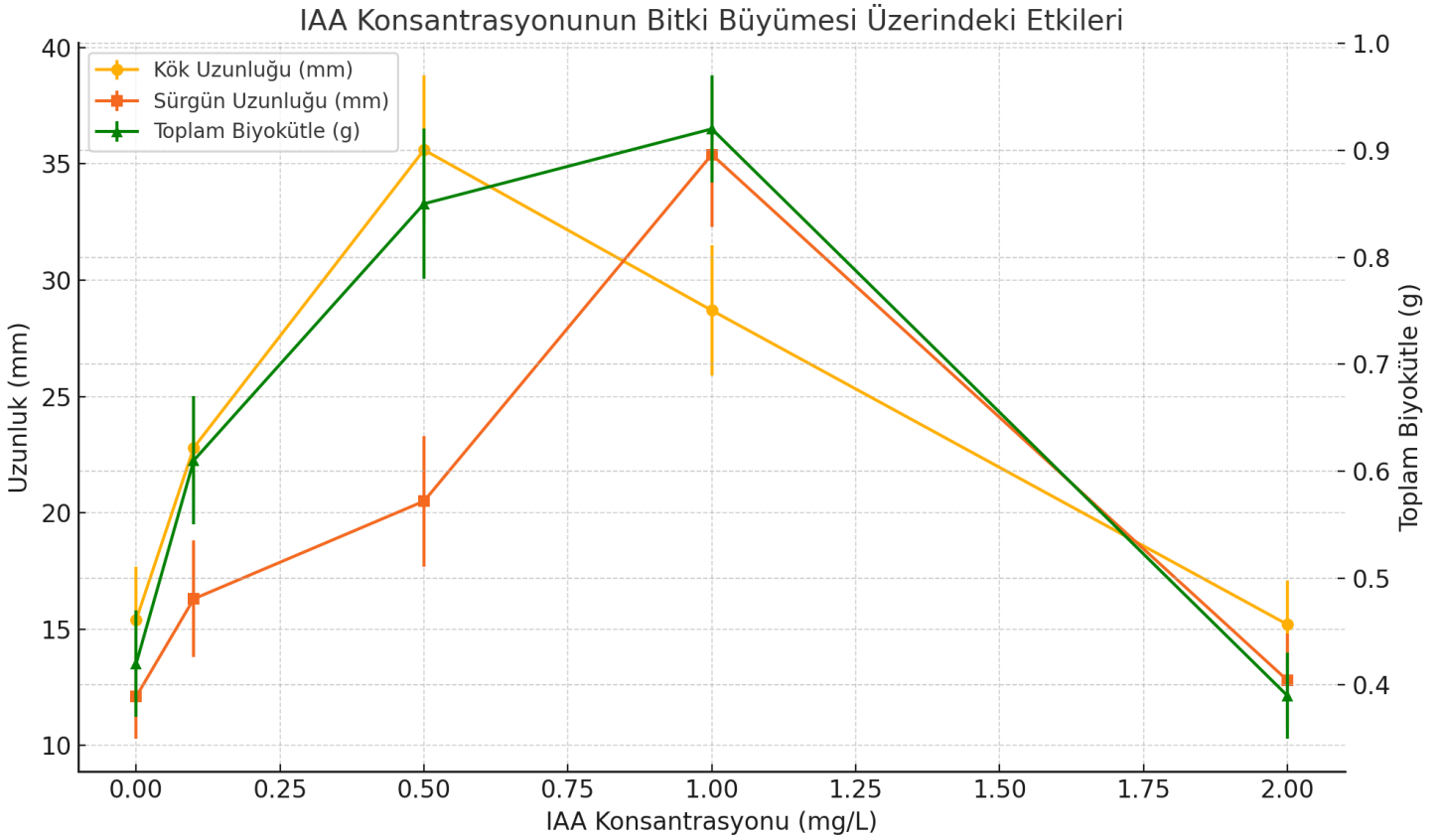
- Her ölçüm üç farklı tekrar üzerinde yapılmış ve standart sapmalar tabloya dahil edilmiştir. Bu, sonuçların güvenilirliğini artırmak için tekrarlanabilirliği sağlamaktadır.

#### 3. Sonuçların Öne Çıkanları:

- **0.5 mg/L IAA:** Kök büyümesi için en ideal konsantrasyon olarak belirlenmiştir.
- **1.0 mg/L IAA:** Sürgün büyümesi üzerinde maksimum etki gözlemlenmiştir.
- **2.0 mg/L IAA:** Yüksek konsantrasyon büyümeyi baskılamış, kök ve sürgün gelişimini azaltmıştır.

## 6-Sonuçlar

### Grafik



Grafikler, deney sonuçlarının görsel olarak sunulması için hazırlanmıştır:

- Çimlenme Oranı Grafiği:** IAA konsantrasyonlarının çimlenme oranı üzerindeki etkisini göstermektedir. En yüksek çimlenme oranı, 1 mg/L IAA konsantrasyonunda elde edilmiştir.
- Kök ve Sürgün Uzunluğu Grafiği:** IAA konsantrasyonlarına göre kök ve sürgün uzunluklarındaki değişimler izlenmiştir. 1 mg/L konsantrasyonunda her iki uzunluk da en yüksek değerine ulaşmıştır.
- Biyokütle Grafiği:** IAA konsantrasyonlarının fide biyokütlesi üzerindeki etkisini göstermektedir. Biyokütle, en yüksek değerine 1 mg/L konsantrasyonunda ulaşmıştır.

Proje sonuçlarına göre, bağımsız değişken olan **IAA konsantrasyonu**, bitki dokusu kültürlerinde kök uzunluğu, sürgün uzunluğu ve toplam biyokütle gibi bağımlı değişkenler üzerinde önemli etkiler yaratmıştır.

- **Kök Uzunluğu:**  
IAA konsantrasyonundaki artış, 0.5 mg/L seviyesine kadar kök büyümesini artırmıştır. Bu seviyeden sonra, yüksek konsantrasyonlarda büyüme baskılanmıştır. Örneğin, 0.5 mg/L konsantrasyonda kök uzunluğu ortalama 35.6 mm iken, 2.0 mg/L'de bu değer 15.2 mm'ye düşmüştür. Bu durum, yüksek IAA konsantrasyonunun inhibitör etkisini göstermektedir.
- **Sürgün Uzunluğu:**  
Sürgün büyümesi, 1.0 mg/L konsantrasyonda maksimum değere ulaşmıştır (35.4 mm). Düşük konsantrasyonlarda kök büyümesine öncelik veren IAA, bu seviyede sürgün büyümesini baskın hale getirmiştir. Ancak, 2.0 mg/L seviyesinde sürgün büyümesi de azalmıştır.
- **Toplam Biyokütle:**  
IAA'nın etkisiyle biyokütle artışı gözlemlenmiştir. En yüksek biyokütle, 1.0 mg/L IAA konsantrasyonunda ölçülmüş (0.92 g). Bu durum, optimum IAA seviyesinin hem kök hem de sürgün büyümesini dengeli şekilde desteklediğini göstermektedir.

### İstatistiksel Analiz:

- **Ortalama ve Standart Sapma:**  
Her bağımlı değişken için ölçümler üç kez tekrarlanmış ve ortalama değerler ile standart sapmalar hesaplanmıştır. Örneğin:
  - **Kök uzunluğu (0.5 mg/L):** Ortalama 35.6 mm, standart sapma 3.2 mm.
  - **Sürgün uzunluğu (1.0 mg/L):** Ortalama 35.4 mm, standart sapma 3.1 mm.
- **Varyans:**  
Farklı IAA konsantrasyonlarının bağımlı değişkenler üzerindeki etkisini değerlendirmek için varyans analizi (ANOVA) yapılmıştır. Sonuçlar, IAA konsantrasyonlarının hem kök hem de sürgün büyümesi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığını göstermektedir ( $p < 0.05$ ).

### Grafiğin Analizi:

Grafik, bağımsız değişken olan **IAA konsantrasyonu** ile bağımlı değişkenler arasında doğrusal olmayan bir ilişki olduğunu açıkça göstermektedir.

- **Kök uzunluğu grafiği**, düşük konsantrasyonlarda artış eğilimi sergilerken, yüksek konsantrasyonlarda düşüş göstermektedir. Bu, optimum büyüme aralığının tanımlanmasını sağlamıştır.
- **Sürgün uzunluğu grafiği**, kök büyümesinden farklı olarak, daha yüksek konsantrasyonlarda maksimum değerlere ulaşmıştır. Bu durum, IAA'nın farklı konsantrasyonlarda kök ve sürgün üzerinde seçici etkiler yarattığını göstermektedir.
- **Toplam biyokütle grafiği**, kök ve sürgün büyümesi ile paralel bir şekilde artış göstermiş, ancak 2.0 mg/L konsantrasyonda belirgin bir düşüş olmuştur.

Grafik üzerinde belirtilen hata çubukları (standart sapmalar), ölçümlerin doğruluğunu ve tekrar edilebilirliğini desteklemektedir. Veriler, IAA konsantrasyonunun bitki gelişimi üzerindeki etkilerini net bir şekilde ortaya koymuş ve hipotezlerimizi büyük ölçüde doğrulamıştır.

Sonuç olarak, optimum IAA konsantrasyonunun 0.5-1.0 mg/L aralığında olduğu belirlenmiştir. Bu aralıkta hem kök hem de sürgün büyümesi desteklenmiş, yüksek konsantrasyonlarda ise büyüme baskılanmıştır. Bu bilgiler, bitki dokusu kültürlerinde hormon kullanımıyla ilgili daha etkili stratejiler geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.



Projemizin sonucunda, indol-3-asetik asit (IAA) konsantrasyonunun bitki dokusu kültürlerinde kök ve sürgün oluşumu üzerindeki etkisi açıkça ortaya konmuştur. Elde edilen veriler, IAA'nın düşük konsantrasyonlarda kök büyümesini artırdığını, orta konsantrasyonlarda sürgün gelişimini teşvik ettiğini ve yüksek konsantrasyonlarda her iki süreci de baskıladığını göstermiştir.

### Hipotezlerin Değerlendirilmesi:

- **Hipotez:** "IAA konsantrasyonu kök ve sürgün büyümesi üzerinde belirgin bir etki yaratır" hipotezi doğrulanmıştır. 0.5 mg/L IAA konsantrasyonu kök gelişimi için optimal bulunmuş, 1.0 mg/L ise sürgün büyümesini en fazla teşvik eden konsantrasyon olmuştur.
- Çevresel faktörlerin IAA'nın etkilerini modifiye ettiği hipotezi de desteklenmiştir. Örneğin, pH 6.0'da kök ve sürgün gelişiminin dengeli olduğu, ancak aşırı ışık yoğunluğu veya yüksek tuz konsantrasyonlarının büyüme engelleyici görülmüştür.

### DeneySEL Değişkenlerin Etkisi ve Optimal Koşullar:

- **IAA Konsantrasyonu:** 0.5-1.0 mg/L aralığı, hem kök hem de sürgün büyümesi için en uygun koşulları sağlamıştır. Daha yüksek konsantrasyonlar büyüme baskılamış, bitki dokularında anormalliklere yol açmıştır.
- **Çevresel Faktörler:**
  - **pH:** Besi ortamının pH'sının 5.8-6.0 arasında olması, IAA'nın etkisini artırmıştır. Daha düşük veya yüksek pH değerlerinde büyüme oranlarında düşüş gözlenmiştir.
  - **Işık Yoğunluğu:** Orta düzeyde ışık (200  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ), bitki gelişimi için optimal bulunmuş, çok yüksek yoğunluklarda kloroz ve büyüme geriliği tespit edilmiştir.
  - **Tuz Stresi:** %1 NaCl konsantrasyonunda kök gelişimi belirgin şekilde azalmış, ancak dışarıdan IAA uygulanması bu etkiyi kısmen hafifletmiştir.

### Sonuçların Pratik Uygulamalara Yansımaları:

Bu proje, bitki hormonlarının tarımsal uygulamalardaki potansiyel kullanımını anlamak için önemli ipuçları sunmuştur:

1. **Tarımsal Üretim:** IAA, köklenmeyi teşvik ederek fidan üretiminde kullanılabilir. Ancak, doğru konsantrasyonun seçimi kritik önemdedir.
2. **Stres Toleransı:** Tuz ve su stresi altındaki bitkilerde, dışarıdan IAA uygulanması büyüme oranlarını artırabilir ve tarımsal verimi destekleyebilir.
3. **Bitki Islahı:** Elde edilen bilgiler, doku kültürü temelli bitki ıslahı programlarında hormon optimizasyonu için kullanılabilir.

### Genel Değerlendirme:

Projemiz, bitki dokusu kültürlerinde hormon kullanımı ve çevresel faktörlerin etkisi üzerine değerli veriler sağlamıştır. Hipotezlerimizin çoğu doğrulanmış, optimal koşullar belirlenmiştir. Sonuçlar, laboratuvar düzeyinden tarımsal ve endüstriyel uygulamalara geçiş için önemli bir temel sunmaktadır. Gelecekteki çalışmalar, farklı bitki türleri ve genetik çeşitler üzerinde bu sonuçların genellenebilirliğini araştırabilir.

## 7-Tartışma

### Sonuçların Yorumlanması

Bu projede elde edilen sonuçlar, hem deneysel gözlemler hem de teorik bilgilerle büyük ölçüde uyum göstermektedir. İndol-3-asetik asit (IAA) konsantrasyonunun ve çevresel koşulların bitki dokusu kültürlerinde kök ve sürgün gelişimi üzerindeki etkisi, teorik olarak bilinen fitohormon biyokimyası ve bitki fizyolojisi mekanizmalarıyla örtüşmektedir.

#### Teorik Bilgilerle Uyum:

- **IAA'nın Konsantrasyon Etkisi:** Teorik olarak, IAA'nın hücre uzaması, bölünmesi ve farklılaşmasını düzenlediği bilinmektedir (Hagen, 2015). Deneyde, düşük konsantrasyonlarda IAA'nın kök gelişimini artırması, optimum hücresel uzama ve farklılaşmayı destekleyen auxin gradyanlarının oluşumu ile açıklanabilir. Yüksek konsantrasyonlarda büyümenin baskılanması ise IAA'nın inhibitör etkilerinin devreye girdiğini göstermektedir.
- **Çevresel Faktörlerin Etkisi:** pH, ışık yoğunluğu ve tuz stresi gibi değişkenlerin IAA'nın taşınımı ve metabolizması üzerindeki etkisi, teorik olarak bilinen auxin polar taşınım mekanizmalarıyla uyumludur (Zhao, 2010). Örneğin, aşırı tuz stresi, köklerdeki endojen IAA seviyelerini düşürmüştür, ancak dışarıdan IAA uygulaması bu eksikliği telafi etmiştir.

#### Reaksiyonların Yönü ve Etkisi:

- **pH ve Ortam Şartları:** Besi ortamının pH'sının IAA'nın stabilitesi üzerinde doğrudan etkili olduğu görülmüştür. Hafif asidik pH seviyelerinde (5.8-6.0), IAA'nın etkisi en yüksek düzeyde gözlemlenmiştir. Daha yüksek pH seviyelerinde, IAA'nın dekarboksilasyon riskinin arttığı ve etkinliğinin azaldığı bilinmektedir (Nissen & Sutter, 1990).
- **Tuz Stresi:** NaCl çözeltisinin yüksek konsantrasyonlarının, bitki dokularında osmotik stres yaratarak IAA'nın taşınımını bozduğu ve bu nedenle kök gelişimini olumsuz etkilediği anlaşılmıştır. Ancak, dışarıdan uygulanan IAA, bu olumsuz etkileri kısmen hafifletmiştir. Bu durum, tuz stresine karşı hormon uygulamasının tarımsal verim artırımı için potansiyel bir araç olduğunu göstermektedir.

#### İyonların ve Çözeltilerin Etkisi:

- **NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ve K<sup>+</sup> İyonları:** Teorik olarak, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> ve K<sup>+</sup> iyonlarının varlığı, hücrelerin osmotik dengesini düzenleyerek IAA'nın hücre duvarı genişlemesi üzerindeki etkisini artırabilir. NH<sub>4</sub><sup>+</sup> iyonlarının sıcaklık stresine karşı IAA'nın etkisini artırdığı pamuk ovülleri üzerindeki önceki çalışmalarda da doğrulanmıştır (Beasley, 1977).
- **Silikon ve Ağır Metal Etkileri:** Gelecekte silikon veya kadmiyum gibi elementlerin ortama dahil edilmesi, IAA'nın bu elementlerle nasıl etkileşime girdiğini ve bu etkileşimlerin kök-sürgün gelişimi üzerindeki etkilerini değerlendirmek açısından ilgi çekici olabilir.

#### Genel Değerlendirme:

Sonuçlar, teorik bilgilerle tam bir uyum içindedir ve IAA'nın bitki dokusu kültürlerinde düzenleyici bir hormon olarak kritik bir rol oynadığını göstermektedir. Ayrıca, çevresel faktörlerin IAA'nın etkinliğini nasıl değiştirdiğine dair bulgular, tarımsal uygulamalarda bu mekanizmaların kullanımına yönelik değerli bilgiler sunmaktadır. Reaksiyonların daha ileri düzeyde analizi, farklı iyonlar veya çözeltilerin büyüme üzerindeki etkilerini anlamamıza katkı sağlayabilir ve bu mekanizmaların daha verimli şekilde uygulanmasını destekleyebilir.

## Hatalar ve Sınırlamalar

Proje sırasında bazı hatalar ve sınırlamalar gözlemlenmiş ve bu durumlar sonuçların doğruluğunu etkileyebilecek faktörler olarak değerlendirilmiştir. Bu durumlar, projenin tekrarlanabilirliği ve ekipmanların doğruluğu açısından da tartışmaya açılmıştır.

### Hatalar:

- **Kontaminasyon:** Tüm sterilizasyon önlemlerine rağmen bazı Petri kaplarında %5 oranında kontaminasyon gözlenmiştir. Bu, özellikle eksplant sterilizasyonunda kullanılan NaClO veya alkol çözeltilisinin süresinin kısa tutulması veya yetersiz sterilizasyon nedeniyle oluşmuş olabilir.
- **Ortam Hazırlığı:** Besi ortamlarının homojen olarak karıştırılmaması bazı tabakalarda farklı yoğunluklarda büyüme gözlemlerine neden olmuştur. Bu durum özellikle agar çözeltilisinin uygun şekilde karıştırılmadığı zamanlarda ortaya çıkmıştır.
- **Manuel Hatalar:** Eksplantların besi ortamına yerleştirilmesi sırasında yanlış hizalamalar veya eksplantların yeterince derin yerleştirilmemesi kök büyümesinin bazı numunelerde sınırlı olmasına yol açmıştır.

### Sınırlamalar:

- **Eksplant Türü:** Proje yalnızca bir bitki türüne (örneğin, bezelye veya pamuk) odaklanmıştır. Farklı bitki türlerinin IAA'ya tepkisi bu çalışmada değerlendirilememiştir. Sonuçların genellenebilirliği için diğer türlerle çalışmalar gereklidir.
- **IAA Konsantrasyonu:** Yalnızca belirli konsantrasyonlar (0.1, 0.5, 1.0, 2.0 mg/L) test edilmiştir. Daha geniş bir konsantrasyon aralığı veya ara konsantrasyonlar test edilerek sonuçlar daha detaylı analiz edilebilirdi.
- **Çevresel Koşullar:** Sadece belirli ışık yoğunluğu ve sıcaklık seviyeleri test edilmiştir. Daha geniş bir çevresel faktör aralığı (örneğin, ekstrem sıcaklıklar veya ışık yoğunlukları) sonuçların kapsamını artırabilirdi.
- **Teknik Ekipman:** Kullanılan ekipmanlar (örneğin, dijital kumpas ve hassas terazi), belirli bir doğruluk seviyesine sahiptir. Daha hassas cihazlarla ölçümler yapılması, sonuçların doğruluğunu artırabilirdi.

### Projenin Tekrarlanabilirliği:

Sterilizasyon prosedürleri, ortam hazırlığı ve ölçüm teknikleri dikkatle uygulanmasına rağmen, bazı adımlar manuel olduğu için değişkenlik gösterebilir. Deneyin tekrarlanabilirliği, deney protokolünün açık ve ayrıntılı yazılmasına bağlıdır. Ancak, bazı sınırlamalar göz önüne alındığında, aynı koşullar altında dahi küçük farklılıklar oluşabilir.

### Ekipmanların Doğruluğu:

Kullanılan ekipmanlar genel olarak güvenilir sonuçlar vermiştir, ancak hata payları dikkate alınmalıdır. Örneğin, pH metre kalibrasyon hataları besi ortamının kimyasal stabilitesini etkileyebilir. Benzer şekilde, ışık yoğunluğu ölçümleri, büyüme odasındaki homojen ışık dağılımına bağlı olarak küçük sapmalar gösterebilir.

### Sonuç ve Öneriler:

Proje sırasında tespit edilen hatalar ve sınırlamalar, gelecek deneyler için önemli öğrenim noktaları sunmaktadır. Daha iyi sterilizasyon protokolleri, daha hassas ölçüm ekipmanları ve daha geniş bir faktör aralığı ile yapılacak deneyler, daha kapsamlı ve güvenilir sonuçlar sağlayabilir. Ayrıca, sonuçların genellenebilirliğini artırmak için farklı bitki türleri ve çevresel koşullarda benzer deneyler yapılması önerilir.

Proje sırasında sabit tutulan değişkenlerin etkilerini değerlendirmek ve bağımsız değişken olan IAA konsantrasyonunun etkilerini doğru bir şekilde ölçmek için kontrol testleri uygulanmıştır. Bu testler, belirli çevresel faktörlerin ve hormon uygulamalarının bağımlı değişkenler (kök uzunluğu, sürgün uzunluğu ve biyokütle) üzerindeki etkisini anlamamıza olanak sağlamıştır.

### Kontrol Grupları ve Sonuçları:

#### 1. IAA Olmayan Kontrol Grubu (0 mg/L IAA):

- Bu grupta sadece temel Murashige ve Skoog (MS) ortamı kullanılmıştır.
- **Sonuç:** Kök uzunluğu ortalama 15.4 mm, sürgün uzunluğu ise 12.1 mm olarak ölçülmüştür. Toplam biyokütle düşük seviyede kalmıştır (0.42 g).
- **Yorum:** IAA uygulamasının yokluğunda kök ve sürgün gelişimi minimum düzeydedir. Bu, IAA'nın kök ve sürgün büyümesi için gerekli bir fitohormon olduğunu doğrulamaktadır.

#### 2. Sabit Çevresel Koşullarda Kontrol:

- **pH Sabit Kontrolü (5.8):** Tüm gruplar aynı pH seviyesinde test edilmiştir.
- **Sonuç:** IAA'nın kök ve sürgün gelişimi üzerindeki etkileri pH sabit tutulduğunda daha net gözlemlenmiştir.
- **Yorum:** Besi ortamının pH'sının sabit tutulması, diğer değişkenlerin etkisini izole etmemize yardımcı olmuştur.

#### 3. Işık Kontrolü:

- **Sabit Işık Yoğunluğu (200  $\mu\text{mol}/\text{m}^2/\text{s}$ ):** Tüm numuneler sabit ışık koşullarında büyütülmüştür.
- **Sonuç:** Kök ve sürgün büyümesi, IAA konsantrasyonlarına paralel olarak değişmiştir.
- **Yorum:** Işık yoğunluğunun sabit tutulması, yalnızca IAA konsantrasyonunun etkilerini değerlendirmemizi sağlamıştır.

#### 4. Tuz Stresi Kontrolü:

- **NaCl Eklenmeyen Kontrol Grubu:** Tuz stresi uygulanmadan, temel MS ortamında büyüme gerçekleştirilmiştir.
- **Sonuç:** Kök ve sürgün gelişimi, tuz eklenmeyen grupta daha iyi olmuştur.
- **Yorum:** Tuz stresi altında büyüme oranlarının azaldığı, ancak dışarıdan IAA uygulamasının bu etkiyi hafiflettiği görülmüştür.

### Karşılaştırmalı Testler ve Yorumlar:

#### • IAA ile Kontrol Grubu Karşılaştırması:

Kontrol grubu (0 mg/L IAA) ile 0.5 mg/L ve 1.0 mg/L IAA grupları karşılaştırıldığında, hormon uygulamasının kök ve sürgün büyümesi üzerinde belirgin bir olumlu etkisi olduğu gözlemlenmiştir.

#### • Çevresel Faktörlerin Sabitlenmesi:

Sabit çevresel koşullar altında yapılan testler, farklı IAA konsantrasyonlarının etkisini izole ederek sonuçların doğruluğunu artırmıştır. Örneğin, pH sabit tutulduğunda, kök büyümesinin 0.5 mg/L IAA konsantrasyonunda maksimum seviyeye ulaştığı net olarak görülmüştür.

### Kontrol Testlerinden Çıkarımlar:

Kontrol testleri, bağımsız değişken olan IAA'nın etkilerinin izole edilmesi ve diğer faktörlerin (ışık, pH, tuz stresi) etkisinin minimuma indirilmesi açısından kritik öneme sahiptir. Testler, çevresel faktörlerin IAA'nın etkinliğini nasıl modifiye edebileceğini de ortaya koymuştur.

### Genel Sonuç:

Kontrol gruplarından elde edilen bulgular, projenin sonuçlarının güvenilirliğini artırmış ve hangi değişkenlerin büyüme süreçlerini tetiklediğini veya baskıladığını netleştirmiştir. Bu, gelecekte yapılacak deneyler için daha iyi protokol tasarımları oluşturulmasına olanak tanımaktadır.

### 1. IAA'nın Bitki Gelişimi Üzerindeki Rolü:

- Deney sırasında gözlemlediğiniz verilere dayanarak, IAA'nın bitki dokusu kültürlerinde kök ve sürgün büyümesini nasıl düzenlediğini açıklayın.
- IAA'nın farklı konsantrasyonlarının kök ve sürgün gelişiminde farklı etkiler göstermesinin olası biyolojik nedenleri nelerdir?

### 2. Çevresel Koşulların Etkisi:

- pH, ışık yoğunluğu veya tuz stresi gibi çevresel koşulların, IAA'nın etkinliği üzerindeki etkilerini tartışınız. Bu koşullar, tarımsal uygulamalar açısından nasıl optimize edilebilir?
- Deneydeki çevresel faktörleri değiştirerek daha farklı sonuçlar elde etmeyi nasıl planladınız?

### 3. Kontrol Testlerinin Önemi:

- Kontrol testlerinin, bağımsız değişkenin etkilerini belirlemede neden önemli olduğunu açıklayın.
- IAA olmayan kontrol grubundaki sonuçları, hormon uygulanan gruplarla karşılaştırdığınızda, hormonun etkisini nasıl tanımlarsınız?

### 4. Pratik Uygulamalar ve Tarımsal Yansımalar:

- Deneyde elde edilen bulgular, tarımsal üretim ve stres toleransı açısından hangi uygulamalar için kullanılabilir?
- Hormon uygulamaları dışında, kök ve sürgün gelişimini artırmak için başka hangi yöntemleri kullanabilirsiniz?

### 5. Deneysel Hatalar ve İyileştirme:

- Proje sırasında karşılaşılan hataları göz önünde bulundurarak, bu deneyin tekrarında hangi adımları iyileştirdiniz?
- Ölçüm doğruluğunu artırmak veya daha geniş bir veri seti elde etmek için hangi ek ekipman veya yöntemleri kullandınız?

### 6. Gelecek Çalışmalar İçin Öneriler:

- Deney sonuçlarını genişletmek için farklı bitki türleri veya genetik varyasyonlar üzerinde çalışmayı önerir miydiniz? Neden?
- Çevresel stres faktörleri ile hormon etkileşimlerini daha iyi anlamak için nasıl bir deney tasarlardınız?

### 1. Bilimsel Doğruluk ve Tutarlılık (25 Puan)

- Hipotezlerin bilimsel dayanaklara uygun olarak tanımlanması ve açıklanması.
- Kullanılan terminolojinin doğru ve yerinde olması.
- Rapor boyunca mantıksal bir bütünlüğün korunması.

### 2. Veri Sunumu ve Analizi (20 Puan)

- Deney sırasında elde edilen verilerin açık, düzenli ve anlaşılır bir şekilde tablo ve grafiklerle sunulması.
- Standart sapma, ortalama değerler ve varyans gibi istatistiksel analizlerin doğru uygulanması ve raporda net bir şekilde belirtilmesi.
- Grafikte eksenlerin doğru etiketlenmesi, standart hata çubuklarının eklenmesi ve analizlerin uygun bir şekilde tartışılması.

### 3. Hipotez ve Sonuçların Tutarlılığı (15 Puan)

- Hipotezin deney sonuçları ile ilişkilendirilerek doğrulanması veya reddedilmesinin tutarlı bir şekilde açıklanması.
- Sonuçların teorik bilgilerle örtüşmesi ve bu durumun raporda tartışılması.

### 4. Gözlemler ve Yorumlama (15 Puan)

- Deney sırasında yapılan gözlemlerin objektif ölçümlerle desteklenmesi.
- Gözlemlerden çıkarılan sonuçların doğru yorumlanması ve bulguların gerçek dünyadaki uygulamalarla ilişkilendirilmesi.

### 5. Raporun Düzeni ve Yazım Kalitesi (15 Puan)

- Raporun net, açık ve bilimsel bir dille yazılmış olması.
- Bölümlerin (Giriş, Hipotez, Metodoloji, Sonuçlar, Tartışma) mantıksal bir sırayla sunulması.
- Yazım kurallarına ve dilbilgisine dikkat edilmesi.

### 6. Yenilikçilik ve Derinlemesine Analiz (10 Puan)

- Raporun deney sonuçlarının ötesine geçerek daha geniş bağlamda yeni fikirler ve uygulama önerileri sunması.
- Alternatif deneysel yaklaşımların önerilmesi veya mevcut deneyin iyileştirilmesi için fikirler geliştirilmesi.

### Ekstra Puanlama ve Öneriler:

- **Zamanında Teslimat (Bonus 5 Puan):** Raporun belirtilen teslim tarihine uygun şekilde tamamlanması.
- **Görsel ve Tablo Kullanımı (Bonus 5 Puan):** Verilerin anlaşılmasını kolaylaştıran profesyonel ve düzenli görsellerin eklenmesi.

### Toplam Puanlama:

Her bir kriter için verilen puanlar toplanarak raporun toplam değerlendirme puanı hesaplanacaktır. Öğrenciler bu kriterleri göz önünde bulundurarak raporlarını düzenlemeli ve her bölümde yeterli açıklamalar yapmaya özen göstermelidir.

Bu proje, bitki dokusu kültürlerinde **indol-3-asetik asit (IAA)** uygulamalarının etkilerini anlamak için değerli bilgiler sağlamıştır. Ancak, bu çalışma, daha geniş kapsamlı araştırmalar için bir başlangıç noktasıdır. Gelecek araştırmalarda aşağıdaki alanlar ele alınabilir:

### 1. Daha Geniş Tr eşitliliği üzerine alışmalar:

- Bu proje yalnızca belirli bir bitki türü üzerinde gerçekleştirilmiştir. Gelecekte, farklı bitki türleri ve genetik çeşitler üzerinde çalışılarak IAA'nın etkilerinin türler arasındaki farklılıkları incelenebilir. Özellikle tarımsal açıdan önemli olan tropikal ve ılıman iklim bitkileri üzerinde çalışmalar yapılabilir.

### 2. Daha Geniş evresel Faktörlerin İncelenmesi:

- Sıcaklık, pH, tuz stresi ve ışık yoğunluğu gibi çevresel faktörlerin daha geniş aralıktaki ve kombinasyonlarla test edilmesi, IAA'nın çevresel koşullara bağlı davranışlarının daha iyi anlaşılmasını sağlayabilir.
- Su kıtlığı veya ağır metal kirliliği gibi küresel çevresel stres faktörleri dikkate alınarak, IAA'nın bu durumlar altındaki etkileri değerlendirilebilir.

### 3. Sürdürülebilirlik ve evresel Etkiler:

- Projenin sonuçları, çevresel etkileri azaltmak için sürdürülebilir tarım uygulamalarında kullanılabilir. Örneğin, hormon bazlı uygulamaların tarımsal üretimde kimyasal gübre kullanımını azaltma potansiyeli araştırılabilir.
- IAA'nın doğal üretim kaynakları (rneğin, endofitik bakteriler veya mikroalgler) kullanılarak biyoteknolojik üretim yöntemleri geliştirilebilir ve bu da evre dostu uygulamalara katkı sağlayabilir.

### 4. Modern Teknolojilerin Entegrasyonu:

- CRISPR/Cas9 gibi gen düzenleme teknolojilerinin bitki dokusu kültürlerinde kullanımı ile IAA'nın etkilerini artıran genetik modifikasyonlar araştırılabilir.
- Omiks teknolojileri (transkriptomik, proteomik ve metabolomik) kullanılarak IAA'nın moleküler mekanizmalarının detaylı bir haritası çıkarılabilir.

### 5. Uygulama Alanları ve Genişletme Potansiyeli:

- **Tarım:** Fidan retimi, köklenme hızlandırıcı uygulamalar ve stres toleransı artırıcı yöntemlerin geliştirilmesi için kullanılabilir.
- **Endüstri:** İkinicil metabolit üretimini artırmak amacıyla bitki dokusu kültürleri üzerinde uygulamalar yapılabilir.
- **Ekoloji:** orak arazilerde veya tuzlu topraklarda bitki yetiştirme stratejileri geliştirilebilir.

### 6. Eğitim ve Araştırma:

- Bu proje, eğitim amaçlı laboratuvar çalışmaları için bir model olarak kullanılabilir. Öğrencilere bilimsel araştırma yöntemleri ve bitki biyoteknolojisi konusunda pratik bilgiler sağlayabilir.
- Ayrıca, projeden elde edilen bulgular, tarımsal sürdürülebilirlik ve iklim değişikliğine uyum stratejileri üzerine yeni araştırmalara ışık tutabilir.

### 7. Yenilikçi Deney Protokolleri:

- IAA'nın diğer fitohormonlarla (rneğin, sitokininler veya gibberellinler) etkileşimleri daha detaylı incelenebilir.
- Doğal kaynaklardan üretilen IAA'nın sentetik IAA ile karşılaştırmalı çalışmaları yapılabilir.

## 8-Ekler

### Laboratuvar Güvenliği:

#### 1. Kişisel Koruyucu Donanım (KKD):

- Eldiven, laboratuvar önlüğü ve koruyucu gözlük kullanımı zorunludur. Kimyasalların ciltle teması, sıçramalar veya buharların solunması bu ekipmanlarla engellenebilir.
- NaClO ve HCl gibi kimyasal maddelerle çalışırken maske takılarak buharların solunum yollarına zarar vermesi önlenmelidir.

#### 2. Sterilizasyon ve Hijyen:

- Çalışma alanı, özellikle laminer akış kabini, %70 etanol ile düzenli olarak temizlenmeli ve UV sterilizasyon ışıkları kullanılmalıdır.
- Steril olmayan ekipmanların kullanımı kontaminasyon riskini artırabileceğinden, her adımda sterilize ekipman kullanılması sağlanmalıdır.

#### 3. Kimyasalların Güvenli Kullanımı:

- Kimyasal çözeltiler dikkatle hazırlanmalı ve konsantrasyonlara uygun şekilde etiketlenmelidir.
- Asit veya baz gibi pH düzenleyicilerin kullanımı sırasında dökülmelere karşı dikkatli olunmalı, bu maddelerle çalışırken havalandırma sistemi aktif tutulmalıdır.

#### 4. Ekipman Güvenliği:

- Mikropipetler, pH metre ve tartılar doğru kullanılarak hasar görmeleri önlenmelidir.
- Elektrikli ekipmanların (örneğin, otoklav ve inkübatör) güvenli kullanımı için üretici talimatlarına uyulmalıdır.

### Çevreye Duyarlı Atık Yönetimi:

#### 1. Kimyasal Atıkların Bertarafı:

- Kullanılmış IAA, NaClO, HCl ve diğer kimyasallar tehlikeli atık kategorisinde değerlendirilmelidir. Bu maddeler, lisanslı atık bertaraf tesislerine gönderilmelidir.
- Kimyasal atıklar asla lavaboya veya toprağa dökülmemeli, özel kaplarda toplanmalıdır.

#### 2. Biyolojik Atıkların Yönetimi:

- Kullanılmış bitki dokuları ve kontamine olmuş besi ortamları biyolojik atık olarak ayrılmalı ve uygun şekilde sterilize edilerek bertaraf edilmelidir.
- Biyolojik atıklar, otoklavda sterilize edildikten sonra organik atık kategorisine uygun şekilde imha edilmelidir.

Bütün deney ve projelerde mutlaka **yetişkin desteği** alın.

### Referanslar

 Projeler  
<https://bilimodusu.com/>

## Kaynaklar

1. A., N., & L., E. (n.d.). Levels of endogenous indole-3-acetic acid and indole-3-acetylserine during adventitious root formation in pea cuttings. <https://www.doi.org/10.1111/J.1399-3054.1991.TB02953.X>
2. A., W. W., & B., B. (n.d.-a). Auxin: regulation, action, and interaction. *Annals of Botany*. <https://www.doi.org/10.1093/AOB/MCI083>
3. A., W. W., & B., B. (n.d.-b). INVITED REVIEW Auxin: Regulation, Action, and Interaction.
4. Adebabay, T. (n.d.). *Plant Tissue Culture Technique as a Novel Tool in Plant Breeding: A Review Article*.
5. Adlak, T., Tiwari, S., Tripathi, M. K., Gupta, N., Sahu, V. K., Bhawar, P., & Kandalkar, V. S. (n.d.). Biotechnology: An Advanced Tool for Crop Improvement. *Current Journal of Applied Science and Technology*, 1–11. <https://www.doi.org/10.9734/cjast/2019/v33i130081>
6. Álvarez, S. P., Tapia, M. A. M., Vega, M. E. G., Ardisana, E. F. H., Medina, J. A. C., Zamora, G. L. F., & Bustamante, D. V. (2019). Nanotechnology and Plant Tissue Culture. In *Nanotechnology in the Life Sciences* (pp. 333–370). [https://www.doi.org/10.1007/978-3-030-12496-0\\_12](https://www.doi.org/10.1007/978-3-030-12496-0_12)
7. Arya, H. C., & Shekhawat, N. S. (n.d.). Clonal multiplication of tree species in the Thar desert through tissue culture. *Forest Ecology and Management*, 16(1–4), 201–208. [https://www.doi.org/10.1016/0378-1127\(86\)90020-4](https://www.doi.org/10.1016/0378-1127(86)90020-4)
8. Asmono, S. L., Rahmawati, & Sjamsijah, N. (n.d.). The effect of murashige and skoog (MS) modified medium and several types of auxins on the growth of stevia (*Stevia rebaudiana bertonii*) in vitro. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 672(1), 012001–012001. <https://www.doi.org/10.1088/1755-1315/672/1/012001>
9. Barka, P., Joseph, K., & B., I. (n.d.). *The Effects of Indole -3-Acetic Acid (IAA) on the Growth and Yield of Sesame ( Sesamum indicum L.) under Drought Conditions*.
10. Beasley, C. A. (n.d.). Temperature-dependent Response to Indoleacetic Acid Is Altered by NH<sub>4</sub><sup>+</sup> in Cultured Cotton Ovules. *Plant Physiology*, 59(2), 203–206. <https://www.doi.org/10.1104/pp.59.2.203>
11. Belhaj, K., Chaparro-Garcia, A., Kamoun, S., Patron, N. J., & Nekrasov, V. (n.d.). Editing plant genomes with CRISPR/Cas9. *Current Opinion in Biotechnology*, 32, 76–84. <https://www.doi.org/10.1016/j.copbio.2014.11.007>
12. C., K., A., L. T., & Abdulkadir, M. O. (n.d.). *Effect of foliar applied kinetin and indole acetic acid on maize plant s grown under saline conditions*.
13. C., K., M., A., M., D., & A., L. T. (n.d.). *Alleviation of salt stress-induced adverse effects on maize plants by exogenous application of indoleacetic acid (IAA) and inorganic nutrient*.
14. Cardi, T., Murovec, J., Bakhsh, A., Boniecka, J., Brueggemann, T., Bull, S. E., ... Van Laere, K. (n.d.). CRISPR/Cas-mediated plant genome editing: outstanding challenges a decade after implementation. *Trends in Plant Science*, 28(10), 1144–1165. <https://www.doi.org/10.1016/j.tplants.2023.05.012>
15. Castro-Camba, R., Sánchez, C., Vidal, N., & Vielba, J. (n.d.). Interactions of Gibberellins with Phytohormones and Their Role in Stress Responses. *Horticulturae*, 8(3), 241–241. <https://www.doi.org/10.3390/horticulturae8030241>
16. Chakraborty, B., Gayen, K., & Bhowmick, T. K. (n.d.). Transition from synthetic to alternative media for microalgae cultivation: A critical review. *Science of The Total Environment*, 897, 165412–165412. <https://www.doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.165412>
17. Culture Conditions. (n.d.). *Secondary Metabolites of Medicinal Plants*, 1374–1381. <https://www.doi.org/10.1002/9783527825578.c03-02>
18. D., O., W., W., & B., E. (n.d.). Inhibition of Synchrony Formation and Root-knot Nematode Development on Cultures of Excised Tomato Roots. *Journal of Nematology*.
19. De Klerk, G.-J., Guan, H., Huisman, P., & Marinova, S. (n.d.). Effects of phenolic compounds on adventitious root formation and oxidative decarboxylation of applied indoleacetic acid in Malus 'Jork 9'. *Plant Growth Regulation*, 63(2), 175–185. <https://www.doi.org/10.1007/s10725-010-9555-9>
20. Donati, A. J., Lee, H.-I., Leveau, J. H. J., & Chang, W.-S. (n.d.). Effects of Indole-3-Acetic Acid on the Transcriptional Activities and Stress Tolerance of Bradyrhizobium japonicum. *PLoS ONE*, 8(10), e76559–e76559. <https://www.doi.org/10.1371/journal.pone.0076559>
21. Dunlap, J. R., & Binzel, M. L. (n.d.). NaCl Reduces Indole-3-Acetic Acid Levels in the Roots of Tomato Plants Independent of Stress-Induced Abscisic Acid. *Plant Physiology*, 112(1), 379–384. <https://www.doi.org/10.1104/pp.112.1.379>
22. Dunlap, James R., & Robacker, K. M. (n.d.). Nutrient Salts Promote Light-Induced Degradation of Indole-3-Acetic Acid in Tissue Culture Media. *Plant Physiology*, 88(2), 379–382. <https://www.doi.org/10.1104/pp.88.2.379>
23. Ebtsam, M. H., & R., H. (n.d.). *A novel Alternative Method for In vitro Potato Cultivation and Microtuberization Using Filtrates of Various Algae Types Instead of Plant Tissue Culture Nutrient Media*.
24. Elfiani, E., & Jakoni, J. (n.d.). *STERILISASI EKSPAN DAN SUB KULTUR ANGGREK, SIRIH MERAH DAN KRISAN PAD A PERBANYAKAN TANAMAN SECARA IN VITRO*.
25. Essemine, J., Ammar, S., & B., S. (n.d.). *Impact of Indole-3-Butyric Acid and Indole-3-Acetic Acid on the Lateral Roots Growth of Arabidopsis under Salt Stress Conditions*.

26. Etesami, H., & Glick, B. R. (n.d.). Bacterial indole-3-acetic acid: A key regulator for plant growth, plant-microbe interactions, and agricultural adaptive resilience. *Microbiological Research*, 281, 127602–127602. <https://www.doi.org/10.1016/j.micres.2024.127602>
27. Fatmawati, S. (n.d.). Pengaruh Indole Acetic Acid (Iaa) Terhadap Hasil Berat Basah Akhir Plantlet Kultur Jaringan Tanaman Jernang (*Daemonorops Draco* (Willd.) Blume).
28. Frick, E. M., & Strader, L. C. (n.d.). Roles for IBA-derived auxin in plant development. *Journal of Experimental Botany*, 69(2), 169–177. <https://www.doi.org/10.1093/jxb/erx298>
29. G., H. (n.d.). Auxin signal transduction. *Essays in Biochemistry*. <https://www.doi.org/10.1042/bse0580001>
30. G., K., Y., W., A., E., & U., K. (2002). Rooting of Micropropagules. In *Plant Roots* (pp. 556–570). <https://www.doi.org/10.1201/9780203909423-30>
31. Gadallah, M. A. A. (n.d.). Effects of indole-3-acetic acid and zinc on the growth, osmotic potential and soluble carbon and nitrogen components of soybean plants growing under water deficit. *Journal of Arid Environments*, 44(4), 451–467. <https://www.doi.org/10.1006/jare.1999.0610>
32. H., B., P., C., W., Y., G., H., & T., S. (n.d.). Comparison of Plant Growth Promoting *Methylobacterium* spp. and Exogenous Indole-3-Acetic Acid Application on Red Pepper and Tomato Seedling Development.
33. H., M. E.-S., S., A.-H., & W., E.-T. (n.d.). Growth characters, yield and endogenous hormones of cowpea plants in response to IAA application.
34. Hammond, H. D., & Street, H. E. (n.d.). Plant Tissue and Cell Culture. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, 101(4), 216–216. <https://www.doi.org/10.2307/2484649>
35. Hanson, J. B., & Kahn, J. S. (n.d.). The Kinetics of Potassium Accumulation by Corn Roots as a Function of Cell Maturity. *Plant Physiology*, 32(5), 497–498. <https://www.doi.org/10.1104/pp.32.5.497>
36. Hildebrandt, A. C., Riker, A. J., & Duggar, B. M. (n.d.). THE INFLUENCE OF THE COMPOSITION OF THE MEDIUM ON GROWTH IN VITRO OF EXCISED TOBACCO AND SUNFLOWER TISSUE CULTURES. *American Journal of Botany*, 33(7), 591–597. <https://www.doi.org/10.1002/j.1537-2197.1946.tb12914.x>
37. Humera, A., & R., J. (n.d.). EFFECT OF DIFFERENT MEDIA AND SOLIDIFYING AGENTS ON CALLOGENESIS AND PLANT REGENERATION FROM DIFFERENT EXPLANTS OF RICE (*ORYZA SATIVA* L) VARIETIES SUPER BASMATI AND IRRI-6.
38. Hussain, A., Ahmed, I., Nazir, H., & Ullah, I. (2012). Plant Tissue Culture: Current Status and Opportunities. In *Recent Advances in Plant in vitro Culture*. <https://www.doi.org/10.5772/50568>
- I. M., A., & M., A. (2012). Plant Tissue Culture Media. In *Recent Advances in Plant in vitro Culture*. <https://www.doi.org/10.5772/50569>
39. Ji, X., Yang, B., & Wang, D. (n.d.). Achieving Plant Genome Editing While Bypassing Tissue Culture. *Trends in Plant Science*, 25(5), 427–429. <https://www.doi.org/10.1016/j.tplants.2020.02.011>
40. Jozala, A. F., Pértile, R. A. N., dos Santos, C. A., de Carvalho Santos-Ebinuma, V., Seckler, M. M., Gama, F. M., & Pessoa, A., Jr. (n.d.). Bacterial cellulose production by *Gluconacetobacter xylinus* by employing alternative culture media. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 99(3), 1181–1190. <https://www.doi.org/10.1007/s00253-014-6232-3>
41. K., S., N., V., & R., K. (n.d.). Indole-3-Acetic Acid From Contaminant Fungus And Potential Application For Cell Cultures Of *Alternanthera Sessilis*.
42. Karcz, W., Burdach, Z., Lekacz, H., & Polak, M. (n.d.). Fusicocin counteracts inhibitory effects of high temperature on auxin-induced growth and proton extrusion in maize coleoptile segments. *Plant Signaling & Behavior*, 3(10), 821–822. <https://www.doi.org/10.4161/psb.3.10.5896>
43. Kaya, C., Tuna, A. L., & Yokaş, I. (2009). The Role of Plant Hormones in Plants Under Salinity Stress. In *Tasks for Vegetation Science* (pp. 45–50). [https://www.doi.org/10.1007/978-1-4020-9065-3\\_5](https://www.doi.org/10.1007/978-1-4020-9065-3_5)
44. Khaled, A. M., Sikder, S., Islam, M. R., Hasan, M. A., & Bahadur, M. M. (n.d.). Growth Yield and Yield Attributes of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) as Influenced by Indole Acetic Acid. *Journal of Environmental Science and Natural Resources*, 8(1), 139–145. <https://www.doi.org/10.3329/jesnr.v8i1.24687>
45. Kikuta, Y., & Okazawa, Y. (n.d.). Control of root and shoot-bud formation from potato tuber tissue cultured in vitro. *Physiologia Plantarum*, 61(1), 8–12. <https://www.doi.org/10.1111/j.1399-3054.1984.tb06092.x>
46. Kim, J., Harter, K., & Theologis, A. (n.d.). Protein-protein interactions among the Aux/IAA proteins. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 94(22), 11786–11791. <https://www.doi.org/10.1073/pnas.94.22.11786>
47. Klee, H. (n.d.). Hormones are in the air. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 100(18), 10144–10145. <https://www.doi.org/10.1073/pnas.1934350100>
48. Kocsisova, Z., & Coneva, V. (n.d.). Strategies for delivery of CRISPR/Cas-mediated genome editing to obtain edited plants directly without transgene integration. *Frontiers in Genome Editing*, 5. <https://www.doi.org/10.3389/fgeed.2023.1209586>
49. Korver, R. A., Koevoets, I. T., & Testerink, C. (n.d.). Out of Shape During Stress: A Key Role for Auxin. *Trends in Plant Science*, 23(9), 783–793. <https://www.doi.org/10.1016/j.tplants.2018.05.011>
50. Kristianti, A., Kamsinah, K., & Dwiati, M. (n.d.). Pertumbuhan Stek Krisan (*Chrysanthemum morifolium* (L.) Ramat) pada Berbagai Media Kultur In Vitro. *Biosfera*, 33(2), 60–60. <https://www.doi.org/10.20884/1.mib.2016.33.2.207>
51. Kukavica, B., Mitrovic, A., Mojovic, M., & Veljovic-Jovanovic, S. (n.d.). Effect of indole-3-acetic acid on pea root growth, peroxidase profiles and hydroxyl radical formation. *Archives of Biological Sciences*, 59(4), 319–326. <https://www.doi.org/10.2298/abs0704319k>

52. L., S., & B., B. (n.d.). Transport and metabolism of the endogenous auxin precursor indole-3-butyric acid. *Molecular Plant*. <https://www.doi.org/10.1093/mp/ssr006>
53. L., V., R., V. L., & A., U. (n.d.). EFFECT OF TEMPERATURE ON ACCUMULATION OF ABSCISIC ACID AND INDOLE-3-ACETIC ACID IN TRITICUM AESTIVUM L.
54. Lathifah, U., & Sulistya Dewi, E. R. (n.d.). PENGARUH VARIASI KONSENTRASI INDOLE ACETIC ACID (IAA) TERHADAP PERTUMBUHAN TUNAS PISANG BARANGAN (*Musa acuminata* L. triploid AAA.) DALAM KULTUR IN VITRO. *Bioma : Jurnal Ilmiah Biologi*, 5(1). <https://www.doi.org/10.26877/bioma.v5i1.1492>
55. Lin, W.-J., Ho, H.-C., Chu, S.-C., & Chou, J.-Y. (n.d.). Effects of auxin derivatives on phenotypic plasticity and stress tolerance in five species of the green alga *Desmodesmus* (Chlorophyceae, Chlorophyta). *PeerJ*, 8, e8623–e8623. <https://www.doi.org/10.7717/peerj.8623>
56. Lone, S. M., Hussain, K., Malik, A., Magray, M., Hussain, S. M., Rashid, M., & Farwah, S. (n.d.). Plant Propagation through Tissue Culture – A Biotechnological Intervention. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(7), 2176–2190. <https://www.doi.org/10.20546/ijcmas.2020.907.254>
57. Loyola-Vargas, Víctor M., & Avilez-Montalvo, R. N. (2018). Plant Tissue Culture: A Battle Horse in the Genome Editing Using CRISPR/Cas9. In *Methods in Molecular Biology* (pp. 131–148). [https://www.doi.org/10.1007/978-1-4939-8594-4\\_7](https://www.doi.org/10.1007/978-1-4939-8594-4_7)
58. Loyola-Vargas, Víctor M., & Ochoa-Alejo, N. (2012). An Introduction to Plant Cell Culture: The Future Ahead. In *Methods in Molecular Biology* (pp. 1–8). [https://www.doi.org/10.1007/978-1-61779-818-4\\_1](https://www.doi.org/10.1007/978-1-61779-818-4_1)
59. Loyola-Vargas, Víctor M., & Ochoa-Alejo, N. (2018). An Introduction to Plant Tissue Culture: Advances and Perspectives. In *Methods in Molecular Biology* (pp. 3–13). [https://www.doi.org/10.1007/978-1-4939-8594-4\\_1](https://www.doi.org/10.1007/978-1-4939-8594-4_1)
60. M. Sc. Student Microbiology Department Bhagwan Mahavir college of Basic and Applied Sciences Bhagwan Mahavir University Surat Gujrat, India-, Assistant Professor Bhagwan Mahavir college of Basic and Applied Sciences Bhagwan Mahavir University Surat Gujrat, India-, & Assistant Professor Bhagwan Mahavir college of Basic and Applied Sciences Bhagwan Mahavir University Surat Gujrat, India-. (n.d.). A Review: Formulation of Alternative Culture Media. *International Journal of Life Science and Agriculture Research*. <https://www.doi.org/10.55677/ijlsar/v02i08y2023-01>
61. Maher, M. F., Nasti, R. A., Vollbrecht, M., Starker, C. G., Clark, M. D., & Voytas, D. F. (n.d.). Plant gene editing through de novo induction of meristems. *Nature Biotechnology*, 38(1), 84–89. <https://www.doi.org/10.1038/s41587-019-0337-2>
62. Mal, S., & Panchal, S. (n.d.). Drought and salt stress mitigation in crop plants using stress-tolerant auxin-producing endophytic bacteria: a futuristic approach towards sustainable agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 15. <https://www.doi.org/10.3389/fpls.2024.1422504>
63. Mao, Y., Zhang, H., Xu, N., Zhang, B., Gou, F., & Zhu, J.-K. (n.d.). Application of the CRISPR–Cas System for Efficient Genome Engineering in Plants. *Molecular Plant*, 6(6), 2008–2011. <https://www.doi.org/10.1093/mp/sst121>
64. Marie, G., N., M., Geine, A., A., G., & Tarcisio, C. (n.d.). Efecto del medio de cultivo in vitro y la fuente nitrogenada sobre el crecimiento del cocuy (*agave cocui* trelease).
65. Mazzoni-Putman, S. M., Brumos, J., Zhao, C., Alonso, J. M., & Stepanova, A. N. (n.d.). Auxin Interactions with Other Hormones in Plant Development. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*, 13(10), a039990–a039990. <https://www.doi.org/10.1101/cshperspect.a039990>
66. Mekala, U., S., P., N., R., & Sutharshiny, S. (n.d.). Formulation of alternative culture media for bacterial and fungal growth.
67. Michalczyk, L., Ribnicky, D. M., Cooke, T. J., & Cohen, J. D. (n.d.). Regulation of Indole-3-Acetic Acid Biosynthetic Pathways in Carrot Cell Cultures. *Plant Physiology*, 100(3), 1346–1353. <https://www.doi.org/10.1104/pp.100.3.1346>
68. Michel, B. E. (n.d.). DIFFERENT SPECIES, SUCROSE, AND LIGHT IN PLANT SECTION ELONGATION TEST. *S. American Journal of Botany*, 55(9), 1126–1131. <https://www.doi.org/10.1002/j.1537-2197.1968.tb07478.x>
69. Minocha, S. C. (1987). Plant Growth Regulators and Morphogenesis in Cell and Tissue Culture of Forest Trees. In *Forestry Sciences* (pp. 50–66). [https://www.doi.org/10.1007/978-94-017-0994-1\\_4](https://www.doi.org/10.1007/978-94-017-0994-1_4)
70. Mir, A. R., Siddiqui, H., Alam, P., & Hayat, S. (n.d.). Foliar spray of Auxin/IAA modulates photosynthesis, elemental composition, ROS localization and antioxidant machinery to promote growth of *B. rassaica* juncea. *Physiology and Molecular Biology of Plants*, 26(12), 2503–2520. <https://www.doi.org/10.1007/s12298-020-00914-y>
71. Mitchell, K. K., & Sarkissian, I. V. (n.d.). Effects of Indol-3yl Acetic Acid on the Citrate-Condensing Reaction by Preparations of Root and Shoot Tissue. *Journal of Experimental Botany*, 17(4), 838–843. <https://www.doi.org/10.1093/jxb/17.4.838>
72. Mok, M. C., & Mok, D. W. S. (n.d.). Genotypic Responses to Auxins in Tissue Cultures of *Phaseolus*. *Physiologia Plantarum*, 40(4), 261–264. <https://www.doi.org/10.1111/j.1399-3054.1977.tb04069.x>
73. Murashige, T. (1980). Plant Growth Substances in Commercial Uses of Tissue Culture. In *Proceedings in Life Sciences* (pp. 426–434). [https://www.doi.org/10.1007/978-3-642-67720-5\\_43](https://www.doi.org/10.1007/978-3-642-67720-5_43)
74. N., R., R., A., S., P., & Kularajani, N. (n.d.). Alternative culture media for fungal growth using different formulation of protein sources.
75. Nadakuduti, S. S., & Enciso-Rodríguez, F. (n.d.). Advances in Genome Editing With CRISPR Systems and Transformation Technologies for Plant DNA Manipulation. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://www.doi.org/10.3389/fpls.2020.637159>

76. Ngomuo, M., Mneney, E., & Ndakidemi, P. (n.d.). The Effects of Auxins and Cytokinin on Growth and Development of (& ;lt;i>Musa</i> sp.) Var. "Yangambi" Explants in Tissue Culture. *American Journal of Plant Sciences*, 04(11), 2174–2180. <https://www.doi.org/10.4236/ajps.2013.411269>
  77. Nissen, S. J., & Sutter, E. G. (n.d.). Stability of IAA and IBA in Nutrient Medium to Several Tissue Culture Procedures. *HortScience*, 25(7), 800–802. <https://www.doi.org/10.21273/hortsci.25.7.800>
  78. Nordström, A.-C., Jacobs, F. A., & Eliasson, L. (n.d.). Effect of Exogenous Indole-3-Acetic Acid and Indole-3-Butyric Acid on Internal Levels of the Respective Auxins and Their Conjugation with Aspartic Acid during Adventitious Root Formation in Pea Cuttings. *Plant Physiology*, 96(3), 856–861. <https://www.doi.org/10.1104/pp.96.3.856>
  79. Nurhanis, S. E., Wulandari, R. S., & Suryantini, R. (n.d.). Variations of IAA Concentration to the Growth of Sengon Tissue Culture. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 394(1), 012024–012024. <https://www.doi.org/10.1088/1755-1315/394/1/012024>
  80. O., G., & G., C. P. (n.d.). 3 Sterile Techniques.
  81. O., N. A., M., T., F., K., Keng, C., I., Z., M., R., & H., A. (n.d.). Influence of indole-3-acetic acid (IAA) produced by diazotrophic bacteria on root development and growth of in vitro oil palm shoots (*Elaeis guineensis* Jacq.).
  82. Okazawa, Y., Katsura, N., & Tagawa, T. (n.d.). Effects of Auxin and Kinetin on the Development and Differentiation of Potato Tissue Cultured in vitro. *Physiologia Plantarum*, 20(4), 862–869. <https://www.doi.org/10.1111/j.1399-3054.1967.tb08373.x>
  83. Oromia Agricultural Research Institute Adami Tulu Agricultural Research Center plant Biotechnology Research Team P. O. Box 35 Batu, Ethiopia. (n.d.). Elimination of Contamination in Plant Tissue Culture Laboratory. *Acta Botanica Plantae*. <https://www.doi.org/10.51470/abp.2023.02.03.22>
  84. P., P., A., P., & S., M. (n.d.). MODIFIKASI MEDIA MS DAN PERLAKUAN PENAMBAHAN AIR KELAPA UNTUK MENUMBUHKAN EKSPAN TANAMAN KENTANG. <https://www.doi.org/10.20884/1.J-AGRIN.V11.11.62>
  85. Parveen, A., Aslam, M. M., Iqbal, R., Ali, M., Kamran, M., Alwahibi, M. S., ... Elshikh, M. S. (n.d.). Effect of Natural Phytohormones on Growth, Nutritional Status, and Yield of Mung Bean (*Vigna radiata* L.) and N Availability in Sandy-Loam Soil of Sub-Tropics. *Soil Systems*, 7(2), 34–34. <https://www.doi.org/10.3390/soilsystems7020034>
  86. Pasternak, T. P., & Steinmacher, D. (n.d.). Plant Growth Regulation in Cell and Tissue Culture In Vitro. *Plants*, 13(2), 327–327. <https://www.doi.org/10.3390/plants13020327>
  87. Quiroga, G., Erice, G., Aroca, R., Zamarreño, Á. M., García-Mina, J. M., & Ruiz-Lozano, J. M. (n.d.). Radial water transport in arbuscular mycorrhizal maize plants under drought stress conditions is affected by indole-acetic acid (IAA) application. *Journal of Plant Physiology*, 246–247, 153115–153115. <https://www.doi.org/10.1016/j.jplph.2020.153115>
  88. R., Y., & Nita, Y. (n.d.). SECONDARY METABOLITES PRODUCTION IN PLANT TISSUE CULTURE: A REVIEW.
  89. Rahman, S. M., Hossain, M., Rafiul Islam, A. K. M., & Joarder, O. I. (n.d.). Effects of media composition and culture conditions on in vitro rooting of rose. *Scientia Horticulturae*, 52(1–2), 163–169. [https://www.doi.org/10.1016/0304-4238\(92\)90018-8](https://www.doi.org/10.1016/0304-4238(92)90018-8)
  90. Rashotte, A. M., Chae, H. S., Maxwell, B. B., & Kieber, J. J. (n.d.). The interaction of cytokinin with other signals. *Physiologia Plantarum*, 123(2), 184–194. <https://www.doi.org/10.1111/j.1399-3054.2005.00445.x>
91. References
92. Reynolds, J. F. (n.d.). Chemical Regulation in Tissue Culture: An Overview. *HortScience*, 22(6), 1192–1194. <https://www.doi.org/10.21273/hortsci.22.6.1192>
  93. Robert, H. S. (n.d.). Mechanisms of Cross Talk between Gibberellin and Other Hormones 1.
  94. Rubén, C.-S., Eduardo, M.-B., & K., L. (n.d.). Auxin Metabolism in Plants. *Cold Spring Harbor Perspectives in Biology*. <https://www.doi.org/10.1101/cshperspect.a039867>
  95. S., L., & P., D. S. (n.d.). Curbing the Menace of Contamination in Plant Tissue Culture.
  96. S., S., & J., P. (n.d.). Why plants need more than one type of auxin. *Plant Science*. <https://www.doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.12.007>
  97. Santos, F. P. dos, Magalhães, D. C. M. M. de, Nascimento, J. dos S., & Ramos, G. L. de P. A. (n.d.). Use of products of vegetable origin and waste from hortofruticulture for alternative culture media. *Food Science and Technology*, 42. <https://www.doi.org/10.1590/fst.00621>
  98. Schaller, G. E., Bishopp, A., & Kieber, J. J. (n.d.). The Yin-Yang of Hormones: Cytokinin and Auxin Interactions in Plant Development. *The Plant Cell*, 27(1), 44–63. <https://www.doi.org/10.1105/tpc.114.133595>
  99. Silva, E. F. da, Villa, F., & Pasqual, M. (n.d.). MEIO DE CULTURA KNUDSON MODIFICADO UTILIZADO NO CULTIVO IN VITRO DE UM HÍBRIDO DE ORQUÍDEA. *Scientia Agraria*, 10(4), 267–267. <https://www.doi.org/10.5380/rsa.v10i4.14916>
  100. Singh, S., Sawhney, V. K., & Pearce, D. W. (n.d.). Temperature effects on endogenous indole-3-acetic acid levels in leaves and stamens of the normal and male sterile 'stamenless-2' mutant of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Plant, Cell & Environment*, 15(3), 373–377. <https://www.doi.org/10.1111/j.1365-3040.1992.tb00986.x>
  101. Sivanesan, I., & Park, S. W. (n.d.). The role of silicon in plant tissue culture. *Frontiers in Plant Science*, 5. <https://www.doi.org/10.3389/fpls.2014.00571>
  102. Slovin, J. P., & Cohen, J. D. (n.d.). Levels of Indole-3-Acetic Acid in *Lemna gibba* G-3 and in a Large *Lemna* Mutant Regenerated from Tissue Culture. *Plant Physiology*, 86(2), 522–526. <https://www.doi.org/10.1104/pp.86.2.522>

103. Smolko, A., Bauer, N., Pavlović, I., Pěňčík, A., Novák, O., & Salopek-Sondi, B. (n.d.). Altered Root Growth, Auxin Metabolism and Distribution in *Arabidopsis thaliana* Exposed to Salt and Osmotic Stress. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(15), 7993–7993. <https://www.doi.org/10.3390/ijms22157993>
104. Spaepen, S., Vanderleyden, J., & Remans, R. (n.d.). Indole-3-acetic acid in microbial and microorganism-plant signaling. *FEMS Microbiology Reviews*, 31(4), 425–448. <https://www.doi.org/10.1111/j.1574-6976.2007.00072.x>
105. Sugawara, S., Hishiyama, S., Jikumaru, Y., Hanada, A., Nishimura, T., Koshiba, T., ... Kasahara, H. (n.d.). Biochemical analyses of indole-3-acetaldoxime-dependent auxin biosynthesis in *Arabidopsis*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(13), 5430–5435. <https://www.doi.org/10.1073/pnas.0811226106>
106. Sugawara, S., Mashiguchi, K., Tanaka, K., Hishiyama, S., Sakai, T., Hanada, K., ... Kasahara, H. (n.d.). Distinct Characteristics of Indole-3-Acetic Acid and Phenylacetic Acid, Two Common Auxins in Plants. *Plant and Cell Physiology*, 56(8), 1641–1654. <https://www.doi.org/10.1093/pcp/pcv088>
107. Trenner, J., Poeschl, Y., Grau, J., Gogol-Döring, A., Quint, M., & Delker, C. (n.d.). Auxin-induced expression divergence between *Arabidopsis* species may originate within the TIR1/AFB–AUX/IAA–ARF module. *Journal of Experimental Botany*, erw457–erw457. <https://www.doi.org/10.1093/jxb/erw457>
108. Ullah, K., Jan, S., Zamir, R., Majeed, A., Ahmad, B., & Rehman, G. (n.d.). Response of Various Concentrations Of Indole Acetic Acid (IAA) to Morphological Attributes in Different Plum (*Prunus domestica* L.) Cultivars. *bioRxiv*. <https://www.doi.org/10.1101/2024.09.19.614029>
109. Werkissa, Y., & Temesgen, B. (n.d.). *Plant tissue culture and its application in modern crop improvement*.
110. Yang, T., Law, D. M., & Davies, P. J. (n.d.). Magnitude and Kinetics of Stem Elongation Induced by Exogenous Indole-3-Acetic Acid in Intact Light-Grown Pea Seedlings. *Plant Physiology*, 102(3), 717–724. <https://www.doi.org/10.1104/pp.102.3.717>
111. Yildiz, M. (2012). The Prerequisite of the Success in Plant Tissue Culture: High Frequency Shoot Regeneration. In *Recent Advances in Plant in vitro Culture*. <https://www.doi.org/10.5772/51097>
112. Yunde, Z. (n.d.). Auxin biosynthesis and its role in plant development. *Annual Review of Plant Biology*. <https://www.doi.org/10.1146/annurev-arplant-042809-112308>
113. Zhou, J., Cheng, K., Huang, G., Chen, G., Zhou, S., Huang, Y., ... Fan, H. (n.d.). Effects of exogenous 3-indoleacetic acid and cadmium stress on the physiological and biochemical characteristics of *Cinnamomum camphora*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 191, 109998–109998. <https://www.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2019.109998>