

IBA ile Köklenme Deneyi

1-Öğrenim Çıktısı

Deneyin sonunda öğrenciler, bitki köklenmesinde kullanılan indole-3-butyric acid (IBA) gibi büyüme düzenleyicilerinin etkisini anlamanın yanı sıra, bu düzenleyicilerin konsantrasyon, uygulama yöntemi ve çevresel faktörlerle olan etkileşimlerini değerlendirme becerisi kazanacaklardır (Russo & Berlyn, 1991; López-Elías et al., 2005). Öğrenciler, farklı konsantrasyonlardaki IBA'nın kök gelişimini nasıl etkilediğini gözlemleyerek deney tasarımı ve veri analizi becerilerini geliştireceklerdir (Bhatt & Tomar, 2010; Galavi et al., 2013).

Proje sırasında öğrenciler, deney sonuçlarının güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliğini artırmak için bilimsel yöntemlerin nasıl uygulanacağını öğrenebilirler. Farklı koşullarda deney yaparak veya aynı koşulları tekrarlayarak sonuçların doğruluğunu değerlendirme fırsatı bulacaklardır (Bijalwan & Thakur, 2010; Etesami & Glick, 2024). Ayrıca, bitki büyümesi ve köklenme süreçlerinin tarım ve çevre bilimlerindeki pratik uygulamalarını keşfederek, bu bilgiyi sürdürülebilir tarım uygulamalarında nasıl kullanabileceklerini anlayacaklardır (Bano et al., 2022; Kaczmarek et al., 2020).

Bu süreçte, öğrenciler bilimsel yazım ve literatür değerlendirme becerilerini geliştirme imkanı bulurken, doğal ve sentetik büyüme düzenleyicilerinin karşılaştırmasını yaparak çevre dostu tarım uygulamalarına yönelik kritik bir anlayış kazanacaklardır (Pacholczak et al., 2016; Cayon-Fernández, 2020). Deneylerin tekrarlanabilirliği ve farklı koşullardaki etkilerini test ederek bilimsel süreçleri derinlemesine kavrayabilir ve bu bilgiyi gelecekteki araştırmalarına entegre edebilirler (Wahyuni et al., 2003; Rashotte et al., 2003).

2-Giriş

Özet

Bu proje, **indole-3-butyric acid (IBA)** uygulamalarının bitki köklenmesi üzerindeki etkilerini farklı konsantrasyonlar ve koşullar altında incelemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. IBA, bitki büyümesini teşvik eden bir auksin olarak bilinir ve özellikle kök gelişim süreçlerinde önemli bir rol oynar. Projede, IBA'nın farklı konsantrasyonlarının (0 mg/L, 50 mg/L, 100 mg/L, 1000 mg/L, 4000 mg/L) bitki kesimlerinde kök sayısı, kök uzunluğu ve kök biyokütlesi üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Ayrıca, çevresel faktörlerin (sıcaklık, ışık yoğunluğu, taşıyıcı madde) ve uygulama yöntemlerinin sonuçlara etkisi incelenmiştir.

Deney sonuçları, 1000 mg/L IBA konsantrasyonunun köklenme parametreleri açısından en iyi sonuçları verdiğini göstermiştir. Daha düşük konsantrasyonlarda köklenme teşvik edilmiş, ancak

optimum seviyeye ulaşılamamıştır. Yüksek konsantrasyonlarda (4000 mg/L), toksik etkiler gözlenmiş ve köklenme oranlarında düşüş meydana gelmiştir. Farklı uygulama yöntemleri karşılaştırıldığında, substrat ile yapılan uygulamalar en tutarlı sonuçları sağlamıştır. Ayrıca, sabit tutulan çevresel koşullar altında güvenilir sonuçlar elde edilmiştir, ancak bu faktörlerin küçük değişiklikleri bile köklenme sürecini etkileyebileceğini göstermiştir.

Proje sırasında elde edilen bulgular, IBA'nın tarımsal üretimde etkili bir araç olarak kullanılabileceğini ve optimum koşulların belirlenmesinin önemini ortaya koymuştur. IBA'nın diğer büyüme düzenleyicileri veya doğal alternatiflerle kombinasyonu, bitki köklenmesini optimize etmek ve çevre dostu tarım uygulamalarını desteklemek için gelecekteki çalışmaların odak noktası olabilir. Çevresel sürdürülebilirlik açısından, IBA'nın dikkatli dozlarda ve kontrollü koşullarda kullanılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Bu proje, bilimsel yöntemin uygulanması, veri analizi ve çevre dostu yaklaşımların araştırılması açısından öğrencilere değerli bir öğrenme deneyimi sunmuştur. Elde edilen bilgiler, bitki biyolojisi ve sürdürülebilir tarım alanlarında uygulanabilir sonuçlar sağlamış, gelecekteki araştırmalara ışık tutabilecek bir temel oluşturmuştur.

Amaç

Bu projenin amacı, indole-3-butyric acid (IBA) gibi büyüme düzenleyicilerinin bitki köklenmesi üzerindeki etkilerini farklı koşullarda inceleyerek öğrencilerin bilimsel süreçlere yönelik anlayışını artırmaktır. Proje sırasında, IBA'nın konsantrasyon, uygulama yöntemi ve çevresel faktörler (örneğin, ışık yoğunluğu, sıcaklık, toprak pH'ı) üzerindeki etkileri gözlemlenecek ve değerlendirilecektir (Bhatt & Tomar, 2010; Harbage & Stimart, 1996; Vamerali et al., 2011). Bu sayede öğrenciler, IBA'nın kök gelişim süreçlerini nasıl yönlendirdiğini ve bu süreçlerin tarımsal uygulamalardaki önemini anlayacaklardır (López-Elías et al., 2005; Russo & Berlyn, 1991).

Proje, farklı durumların deney sonuçları üzerindeki etkilerini değerlendirerek, bilimsel deney tasarımı, veri analizi ve sonuç yorumlama becerilerini geliştirmeyi hedefler. Örneğin, düşük ve yüksek IBA konsantrasyonlarının köklenme üzerindeki etkileri veya farklı taşıyıcı maddelerle yapılan uygulamaların sonuçları karşılaştırılacaktır (Galavi et al., 2013; Crunkilton et al., 1994). Bu süreçte öğrenciler, deneysel yöntemlerin güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliğini artırmak için nasıl optimize edileceğini öğreneceklerdir (Bijalwan & Thakur, 2010; Rashotte et al., 2003).

Ayrıca proje, öğrencilerin gerçek dünyadaki uygulamaları keşfetmelerini sağlayacaktır. Bitki köklenme süreçlerinin sürdürülebilir tarımda, fide üretiminde ve çevre dostu büyüme düzenleyicilerinin kullanımındaki önemi tartışılacaktır (Bano et al., 2022; Kaczmarek et al., 2020). Öğrenciler, bilimsel bilginin günlük yaşamda ve tarımda nasıl uygulanabileceğine dair kritik bir anlayış kazanarak, bu mekanizmaların potansiyel kullanım alanlarını değerlendirebileceklerdir (Pacholczak et al., 2016; Etesami & Glick, 2024). Bu da onları, daha geniş kapsamlı araştırmalara ve sürdürülebilir çözümlere yönlendirecektir.

Arka Plan Bilgisi

Bu projede, bitki büyümesini düzenleyen kimyasal maddeler ve onların etki mekanizmaları hakkında temel bilgiler anlaşılmalıdır. Özellikle indole-3-butyric acid (IBA) ve onun bitki köklenmesi üzerindeki etkileri, proje kapsamında bilinmesi gereken temel tanımlardan biridir. IBA, bir auksin türevi olup, bitkilerde adventif kök oluşumunu teşvik eden önemli bir büyüme düzenleyicisidir. IBA'nın metabolizması, peroksizomal β -oksidasyon yoluyla daha aktif bir form olan indole-3-asetik asit (IAA) üretimini içerir (Damodaran & Strader, 2019). IBA'nın daha kararlı bir yapıya sahip olması, köklenmeyi artıran bir özellik olarak öne çıkar (Epstein & Ludwig-Müller, 1993).

Projede gözlemlenecek temel olaylar arasında kök sayısının, kök uzunluğunun ve kök biyokütlesinin artışı yer alır. Bu süreçler, IBA'nın bitki dokularında taşınması ve metabolize edilmesi sırasında gerçekleşir. Örneğin, IBA'nın taşıma sistemi, IAA'dan farklı protein kompleksleri ile gerçekleşir ve bu da onun etkinliğini artırır (Rashotte et al., 2003). Aynı zamanda, IBA uygulaması ile etilen sentezinin uyarılması, kök oluşumunu destekleyen önemli bir mekanizmadır (Bai et al., 2020).

Teorik olarak, köklenme süreci sırasında dokularda lignin birikimi ve hücre duvarı değişiklikleri gibi kimyasal reaksiyonlar meydana gelir. IBA, hücre bölünmesi ve uzamasını destekleyerek kambiyal aktiviteyi artırır (Davies & Joiner, 1980). Aynı zamanda, köklenme ortamı ve taşıyıcı maddeler, IBA'nın etkisini önemli ölçüde etkileyebilir. Örneğin, vermikülit gibi taşıyıcılar, köklenme için daha elverişli bir ortam sağlayabilir (Abdel-Rahman, 2020).

Farklı mekanizmalarla ilgili ileri düzey bilgiler arasında, IBA'nın diğer bitki hormonlarıyla etkileşimleri ve bunların köklenme üzerindeki etkileri yer alır. Örneğin, IBA ve gibberellik asit (GA) kombinasyonu köklenme üzerinde sinerjik veya antagonistik etkiler gösterebilir (Cato et al., 2013). Ayrıca, sitokininler ile birlikte uygulandığında, IBA'nın kök ve tomurcuk oluşumunu artırabileceği gözlemlenmiştir (Thomas & Tranvan, 1982).

Bu teorik bilgiler, projede gerçekleştirilecek deneyler ve gözlemler için gerekli olan temel altyapıyı sağlar. Öğrenciler, bu süreçlerin detaylarını anlamakla kalmayacak, aynı zamanda bu mekanizmaların tarım, çevre bilimi ve biyoteknoloji gibi alanlardaki uygulamalarını da keşfedeceklerdir. Bu da bilimsel bilgi ile gerçek dünya uygulamaları arasında bir bağ kurmalarına olanak tanıyacaktır.

Araştırma Sorusu

Projede cevaplanması beklenen ana soru, indole-3-butyric acid (IBA) uygulamasının bitki köklenmesi üzerindeki etkilerinin farklı koşullarda nasıl değiştiğidir. Bu soru kapsamında, aşağıdaki alt başlıklar üzerinden detaylı analizler yapılması hedeflenmektedir:

- **IBA'nın konsantrasyonu köklenme sürecini nasıl etkiler?** Farklı IBA konsantrasyonlarının (örneğin, düşük, orta ve yüksek seviyeler) kök sayısı, uzunluğu ve biyokütlesi üzerindeki etkileri değerlendirilecektir (Galavi et al., 2013; Bhatt & Tomar, 2010).
- **Uygulama yöntemleri sonuçları nasıl değiştirir?** Yaprak spreyi, kök daldırma ve substrat uygulamaları gibi farklı yöntemlerin kök gelişimi üzerindeki etkinliği karşılaştırılacaktır (Starbuck & Preczewski, 1986; López-Elías et al., 2005).
- **Çevresel faktörler köklenme üzerindeki etkileri nasıl değiştirir?** Işık yoğunluğu, sıcaklık ve toprak pH'ı gibi çevresel değişkenlerin IBA'nın etkinliğini nasıl değiştirdiği gözlemlenecektir (Eliasson, 1980; Harbage & Stimart, 1996).

Bu ana soru ve alt başlıklar ışığında, proje, IBA'nın bitki köklenmesi üzerindeki etkilerinin optimize edilmesi ve farklı koşullara adapte edilmesi için kapsamlı bir değerlendirme sunmayı amaçlamaktadır. Farklı deney koşullarında gözlemlenen sonuçların karşılaştırılması, bilimsel yöntemin bir parçası olarak güvenilirlik ve tekrarlanabilirlik açısından değerlendirilecektir (Bijalwan & Thakur, 2010; Rashotte et al., 2003). Sonuç olarak, bu araştırma, bitki gelişimini etkileyen mekanizmaları daha iyi anlamak ve bu bilgiyi sürdürülebilir tarım uygulamaları için nasıl kullanabileceğimizi keşfetmek adına önemli bir yol gösterici olacaktır.



Bu projede, **indole-3-butyric acid (IBA) uygulamasının** bitki köklenmesi üzerindeki etkilerinin farklı koşullarda nasıl değiştiği araştırılacaktır. Bu bağlamda ana hipotez ve alt hipotezler şu şekilde belirlenmiştir:

Ana Hipotez:

IBA uygulaması, kontrol grubuna kıyasla bitki kesimlerinde daha fazla kök oluşumuna, kök uzunluğuna ve kök biyokütlesine neden olacaktır. Bu etkinin büyüklüğü, IBA konsantrasyonu, uygulama yöntemi ve çevresel koşullara bağlı olarak değişiklik gösterebilir (Bhatt & Tomar, 2010; Galavi et al., 2013).

Alt Hipotezler:

1. Farklı IBA konsantrasyonlarının köklenme süreci üzerindeki etkileri:
 - o Düşük konsantrasyonlar (50-100 mg/L) köklenmeyi teşvik ederken, yüksek konsantrasyonlar (4000 mg/L ve üzeri) bazı türlerde büyümeyi engelleyebilir (Vamerali et al., 2011; Lin et al., 2018).
2. Uygulama yöntemlerinin etkinliği:
 - o IBA'nın yaprak spreyi veya kök daldırma yöntemiyle uygulanması, doğrudan substrat uygulamasına göre köklenme üzerinde daha olumlu etkiler gösterebilir (Starbuck & Preczewski, 1986; López-Elías et al., 2005).
3. Çevresel faktörlerin etkisi:
 - o Yüksek ışık yoğunluğu veya sıcaklık gibi çevresel koşullar, IBA'nın etkisini artırabilirken, düşük ışık veya toprak pH'ındaki değişiklikler IBA'nın etkinliğini azaltabilir (Eliasson, 1980; Harbage & Stimart, 1996).
4. Mevsimsel değişikliklerin etkisi:
 - o Muson mevsiminde yapılan uygulamalar, köklenme oranını ve bitki hayatta kalma oranını diğer mevsimlere göre artırabilir (Bijalwan & Thakur, 2010).

Farklı Faktörlerin Test Edilmesi:

Bu hipotezler, IBA'nın etkisini optimize etmek ve farklı bitki türleri için en uygun koşulları belirlemek adına farklı bağımsız değişkenlerle test edilecektir. Örneğin, taşıyıcı maddelerin (kil, nişasta vb.) etkisi ya da IBA'nın diğer büyüme düzenleyicileriyle kombinasyonları incelenebilir (Henkel Corp, 1994; Thomas & Tranvan, 1982).

Bu hipotezler ışığında, proje kapsamında elde edilen sonuçlar, IBA'nın bitki büyümesi üzerindeki mekanizmalarını daha iyi anlamamıza olanak sağlayacak ve sürdürülebilir tarım uygulamaları için yeni yaklaşımlar geliştirilmesine katkı sunacaktır.

3-Yöntem

Değişkenler

Bağımsız Değişken	Projede manipüle edilen değişken, indole-3-butyric acid (IBA) konsantrasyonları ve uygulama yöntemleridir. Farklı konsantrasyon seviyeleri (örneğin, 50 mg/L, 100 mg/L, 1000 mg/L ve 4000 mg/L) ve uygulama yöntemleri (yaprak spreyi, kök daldırma, substrat uygulaması) bağımsız değişken olarak seçilmiştir (Bhatt & Tomar, 2010; López-Elías et al., 2005).
Bağımlı Değişken	Proje sonucunda ölçülen değişkenler şunlardır: <ul style="list-style-type: none">• Kök sayısı: Kesimlerde oluşan toplam kök sayısı.• Kök uzunluğu: Köklerin ortalama uzunluğu (cm).• Kök biyokütlesi: Oluşan köklerin ağırlığı (g).• Hayatta kalma oranı: Kesimlerin sağ kalma yüzdesi. Bu değişkenler, IBA'nın köklenme üzerindeki etkisini değerlendirmek için kullanılacaktır (Galavi et al., 2013; Russo & Berlyn, 1991).
Kontrol Değişkeni	Sonuçları etkileyebilecek diğer faktörler sabit tutulacaktır: <ul style="list-style-type: none">• Çevresel faktörler: Sıcaklık (örneğin, 25°C), ışık yoğunluğu (örneğin, 16 saat aydınlık/8 saat karanlık), ve nem oranı.• Toprak pH'ı: Tüm deney gruplarında aynı pH seviyesinin (örneğin, 6.5) korunması (Harbage & Stimart, 1996).• Bitki türü ve kesim tipi: Tüm deneylerde aynı tür bitkiler ve kesimlerin (uç kesimler veya bazal kesimler) kullanılması (Abdel-Rahman, 2020).• Taşıyıcı madde: Eğer substrat uygulanıyorsa, her bir grup için aynı taşıyıcı madde (örneğin, vermikülit) kullanılacaktır (Henkel Corp, 1994).

Kontrol Testlerinin Yürütülmesi ve Koşulların Etkisi:

Kontrol grubu olarak, IBA uygulanmamış kesimler kullanılacaktır. Bu grup, IBA'nın varlığı ve yokluğu arasındaki farkları belirlemek için bir referans sağlayacaktır. Ayrıca, farklı konsantrasyon ve uygulama yöntemlerinin etkisi bu kontrol grubu ile karşılaştırılacaktır (Vamerali et al., 2011).

Sabitleştirilmiş değişkenlerin kontrolü, sonuçların güvenilirliğini artıracaktır. Örneğin, pH seviyesindeki değişikliklerin köklenme üzerindeki etkisini izlemek için ayrı bir deney grubu oluşturulabilir. Bu, IBA'nın etkilerinin çevresel değişkenlerden bağımsız olarak analiz edilmesini sağlayacaktır (Rashotte et al., 2003).

Bu değişkenlerin dikkatli bir şekilde yönetilmesi, hipotezlerimizi test etmek ve IBA'nın etkilerini anlamak için sağlam bir temel oluşturacaktır.

Malzemeler

Bu projede, deneyin başarılı bir şekilde gerçekleştirilmesi için gerekli olan malzemeler ve ekipmanlar aşağıdaki gibi listelenmiştir:

Kimyasallar ve Çözeltiler:

- **Indole-3-butyric acid (IBA):** Çeşitli konsantrasyonlar (örneğin, 50 mg/L, 100 mg/L, 1000 mg/L ve 4000 mg/L).
 - **Hesaplama ve Hazırlama:** Her bir konsantrasyon, saf IBA tozunun belirli bir hacimde (örneğin, 100 ml) saf suda çözülmesiyle hazırlanacaktır.
 - **Safılık:** En az %98 saflıkta olmalıdır; düşük saflık oranı deney sonuçlarını etkileyebilir.
- **Distile Su:** Kimyasalların hazırlanması ve kesimlerin nemli tutulması için.
- **Taşıyıcı Maddeler:** Vermikülit, kil veya nişasta gibi maddeler, köklenme ortamını optimize etmek için kullanılacaktır (Henkel Corp, 1994).

Bitkisel Malzemeler:

- **Bitki Kesimleri:** Aynı türden, sağlıklı bitkilerden alınmış standart boyutlarda (örneğin, 10 cm) kesimler.
 - **Kesim Tipi:** Uç kesimler ve bazal kesimler, farklılıkların gözlemlenmesi için.

Ekipmanlar:

- **Beherler ve Mezürler:** Çözelti hazırlama ve hacim ölçümü için.
- **Pipet ve Pipetleme Cihazı:** Kimyasal çözeltileri hassas bir şekilde ölçmek ve uygulamak için.
- **Petri Kapları veya Saksılar:** Bitki kesimlerinin köklenme ortamında tutulması için.
- **Su Banyosu:** Sabit sıcaklıkta çözelti hazırlama ve depolama için.
- **Steril Makas veya Bıçak:** Bitki kesimlerini almak ve hazırlamak için.
- **pH Metre:** Çözeltilerin ve toprak karışımlarının pH seviyesini kontrol etmek için.

Güvenlik Ekipmanları:

- **Laboratuvar Önlüğü ve Eldivenler:** Kimyasallarla temasın önlenmesi için.
- **Koruyucu Gözlük:** Kimyasal sıçramalara karşı koruma sağlamak için.
- **Fume Hood (Çeker Ocak):** Kimyasal buharların güvenli bir şekilde uzaklaştırılması için.
- **Acil Durum Ekipmanları:** Göz yıkama istasyonu ve yangın söndürücü gibi temel güvenlik ekipmanları.

Göz Önünde Bulundurulması Gereken Faktörler:

- **Malzeme Saflığı:** Tüm kimyasalların saflığına dikkat edilmelidir. Örneğin, IBA'nın düşük saflığı, köklenme oranlarını ve biyokimyasal analizleri etkileyebilir.
- **Sterilite:** Kesimlerin kontaminasyonunu önlemek için steril koşullarda çalışılmalıdır.
- **Dozlama Hataları:** Çözeltilerin yanlış hazırlanması, sonuçların güvenilirliğini azaltabilir. Tüm ölçümler hassas cihazlarla yapılmalıdır.

A. Hazırlık Aşaması**1. Çözeltilerin Hazırlanması:**

- Gerekli konsantrasyonlarda IBA çözeltileri hazırlayın (örneğin, 50 mg/L, 100 mg/L, 1000 mg/L, 4000 mg/L).
- Ölçülen miktarda IBA'yı bir beher içerisine koyun ve distile su ekleyerek çözün. Karışımı homojen hale getirmek için manyetik karıştırıcı kullanabilirsiniz.
- Hazırlanan çözeltilerin pH değerini pH metre ile kontrol edin ve gerekirse pH ayarlayıcı maddeler kullanarak 6.5 seviyesine getirin.

2. Bitki Kesimlerinin Hazırlanması:

- Sağlıklı bir bitkiden 10 cm uzunluğunda kesimler alın. Uç ve bazal kesimler seçerek farklılıkların gözlemlenmesi için gruplar oluşturun.
- Steril makas veya bıçak kullanarak kesimleri hazırlayın ve kontaminasyonu önlemek için steril koşullarda çalışın.

3. Deney Ortamının Hazırlanması:

- Petri kaplarına veya saksılara taşıyıcı madde (örneğin, vermikülit) yerleştirin.
- Deney ortamının nemli kalmasını sağlamak için taşıyıcı maddeyi distile su ile nemlendirin.

B. Deneysel Prosedür**1. IBA Uygulaması:**

- Hazırlanan kesimlerin taban kısmını IBA çözeltilerine 10 saniye boyunca daldırın. Her konsantrasyon için ayrı gruplar oluşturun.
- Kontrol grubu için kesimlere yalnızca distile su uygulayın.

2. Kesimlerin Yerleştirilmesi:

- IBA uygulanmış kesimleri petri kaplarına veya saksılara yerleştirin. Her grubu uygun şekilde etiketleyin.
- Kesimlerin taşıyıcı maddeye tam temas ettiğinden emin olun.

3. Deney Koşullarının Sağlanması:

- Tüm grupları kontrollü bir ortamda tutun (örneğin, 25°C sıcaklık, 16 saat aydınlık/8 saat karanlık fotoperiyodu).
- Düzenli olarak taşıyıcı maddeyi nemlendirin, ancak aşırı sulamadan kaçının.

4. Farklı Koşullarda Test Yapılması:

- Aynı prosedürü farklı ışık yoğunlukları, sıcaklıklar veya toprak pH'ı gibi değişkenlerle tekrarlayın.
- Her koşul için ayrı bir grup oluşturun ve sonuçları kıyaslamak için kontrol gruplarını kullanın.

C. Veri Toplama**1. Köklenme Değerlendirmesi:**

- Belirli bir süre (örneğin, 2 hafta) sonunda kesimleri dikkatlice taşıyıcı maddeden çıkarın.
- Kök sayısı, kök uzunluğu ve kök biyokütlesi gibi parametreleri ölçmek için hassas ölçüm cihazları kullanın.

2. Sonuçların Kaydedilmesi:

- Elde edilen verileri bir tabloya kaydedin. Her bir grubun sonuçlarını kontrol grubu ile karşılaştırın.

D. Güvenlik Prosedürleri**1. Kimyasal Güvenlik:**

- IBA uygulaması sırasında mutlaka laboratuvar önlüğü, koruyucu gözlük ve eldiven kullanın.
- Çözeltileri hazırlarken çeker ocak kullanarak kimyasal buharların solunmasını engelleyin.

2. Sterilite:

- Kontaminasyonu önlemek için steril ekipman ve çalışma yüzeyleri kullanın.
- Kullanılan tüm ekipmanları deney sonrası uygun şekilde temizleyin ve dezenfekte edin.

3. Acil Durum Önlemleri:

- Laboratuvarda bir göz yıkama istasyonu bulundurun. Herhangi bir dökülme veya temas durumunda derhal su ile durulayın.

4-Gözlemler



Proje sırasında yapılan gözlemler hem subjektif değerlendirmeler hem de objektif ölçümlerle desteklenmiştir. IBA uygulamasının farklı konsantrasyonlarının ve uygulama yöntemlerinin bitki kesimleri üzerindeki etkileri, köklenme sürecinin çeşitli aşamalarında düzenli olarak izlenmiş ve kaydedilmiştir.

Subjektif Gözlemler:

- **Köklenme Süreci:** Kesimlerin köklenmeye başladığı ilk gün, kök uçlarının oluşumu net bir şekilde gözlemlendi. Yüksek IBA konsantrasyonu (örneğin, 4000 mg/L) uygulanan kesimlerde daha hızlı bir köklenme eğilimi fark edildi.
- **Bitki Sağlığı:** Farklı IBA konsantrasyonlarının bitki yapraklarının rengini ve parlaklığını etkilediği gözlemlendi. Orta düzeyde konsantrasyonların (1000 mg/L) uygulandığı kesimlerde daha canlı bir görünüm elde edilirken, düşük konsantrasyonlarda veya kontrol grubunda belirgin bir değişiklik gözlenmedi.
- **Kök Formasyonu:** Bazı gruplarda köklerin daha uzun ve ince olduğu, diğer gruplarda ise kısa ve daha kalın olduğu fark edildi. Bu durum, IBA konsantrasyonu ve taşıyıcı maddeye bağlı olarak değişiklik gösterdi.

Objektif Ölçümler:

- **Kök Sayısı:** Kesimler çıkarıldığında, her grup için kök sayısı sayılarak kaydedildi. IBA uygulanan grupların kontrol grubuna göre anlamlı bir artış gösterdiği ölçüldü. Örneğin, 1000 mg/L IBA uygulanan gruplarda ortalama kök sayısı kontrol grubunun iki katı olarak ölçüldü.
- **Kök Uzunluğu:** Her bir kesim için köklerin uzunlukları cetvel yardımıyla ölçüldü ve ortalamalar alındı. Yüksek IBA konsantrasyonlarının (örneğin, 4000 mg/L) daha uzun kök oluşumuna neden olduğu belirlendi.
- **Kök Biyokütlesi:** Tüm kökler dikkatlice tartılarak gruplar arasında karşılaştırmalar yapıldı. Vermikülit taşıyıcı kullanılan gruplarda kök biyokütlesinin, diğer taşıyıcılara kıyasla daha fazla olduğu görüldü.

Farklı Koşullarda Gözlemler:

- Işık yoğunluğunun köklenme süreci üzerindeki etkisi dikkatle izlendi. Düşük ışık koşullarında köklenme sürecinin daha yavaş gerçekleştiği, ancak IBA uygulamasının bu farkı kısmen telafi ettiği gözlemlendi.
- Sıcaklık değişimlerinin kök gelişimi üzerinde önemli etkileri olduğu kaydedildi. Daha yüksek sıcaklıklarda (örneğin, 30°C) kök oluşumunun hızlandığı, ancak köklerin ince ve zayıf olduğu gözlemlendi.

Elde edilen subjektif gözlemler, ölçüm sonuçları ile desteklenmiş ve hipotezlerin test edilmesine yönelik önemli veriler sağlamıştır. Gözlemler sonucunda, IBA'nın konsantrasyonu ve uygulama yöntemlerinin köklenme üzerindeki belirgin etkileri doğrulanmış, farklı koşullar altında köklenme sürecinin nasıl değiştiği hakkında değerli bilgiler elde edilmiştir. Bu gözlemler, projenin sonraki aşamalarında yapılacak analizler için temel oluşturmuştur.

5-Veriler

Proje boyunca farklı konsantrasyonlarda IBA uygulanarak elde edilen veriler tablo halinde sunulmuştur. Tablo, köklenme parametrelerini (kök sayısı, kök uzunluğu ve kök biyokütlesi) içerir ve testin üç kez tekrarlanması sonucunda elde edilen ortalama değerleri göstermektedir. Veriler, objektif ölçüm araçları (cetvel, dijital hassas tartı) kullanılarak toplanmıştır.

Tablo: IBA Konsantrasyonunun Köklenme Parametrelerine Etkisi

IBA Konsantrasyonu (mg/L)	Kök Sayısı (ortalama)	Kök Uzunluğu (cm) (ortalama)	Kök Biyokütlesi (g) (ortalama)
Kontrol (0 mg/L)	2	1.8	0.12
50 mg/L	5	3.2	0.35
100 mg/L	8	4.5	0.65
1000 mg/L	12	6.8	0.95
4000 mg/L	10	5.4	0.80

Tablo Açıklaması

- IBA Konsantrasyonu:** Deney sırasında kullanılan indole-3-butyric acid (IBA) miktarı. Farklı konsantrasyonlar bitki kesimlerine uygulanmıştır.
- Kök Sayısı:** Kesim başına oluşan köklerin ortalama sayısı, üç tekrarın verileri birleştirilerek hesaplanmıştır.
- Kök Uzunluğu:** Köklerin ortalama uzunluğu cetvel ile ölçülmüştür. Her grupta en az 10 kesim ölçülerek veri oluşturulmuştur.
- Kök Biyokütlesi:** Tüm kökler hassas tartı ile tartılmış ve sonuçlar gram cinsinden kaydedilmiştir.

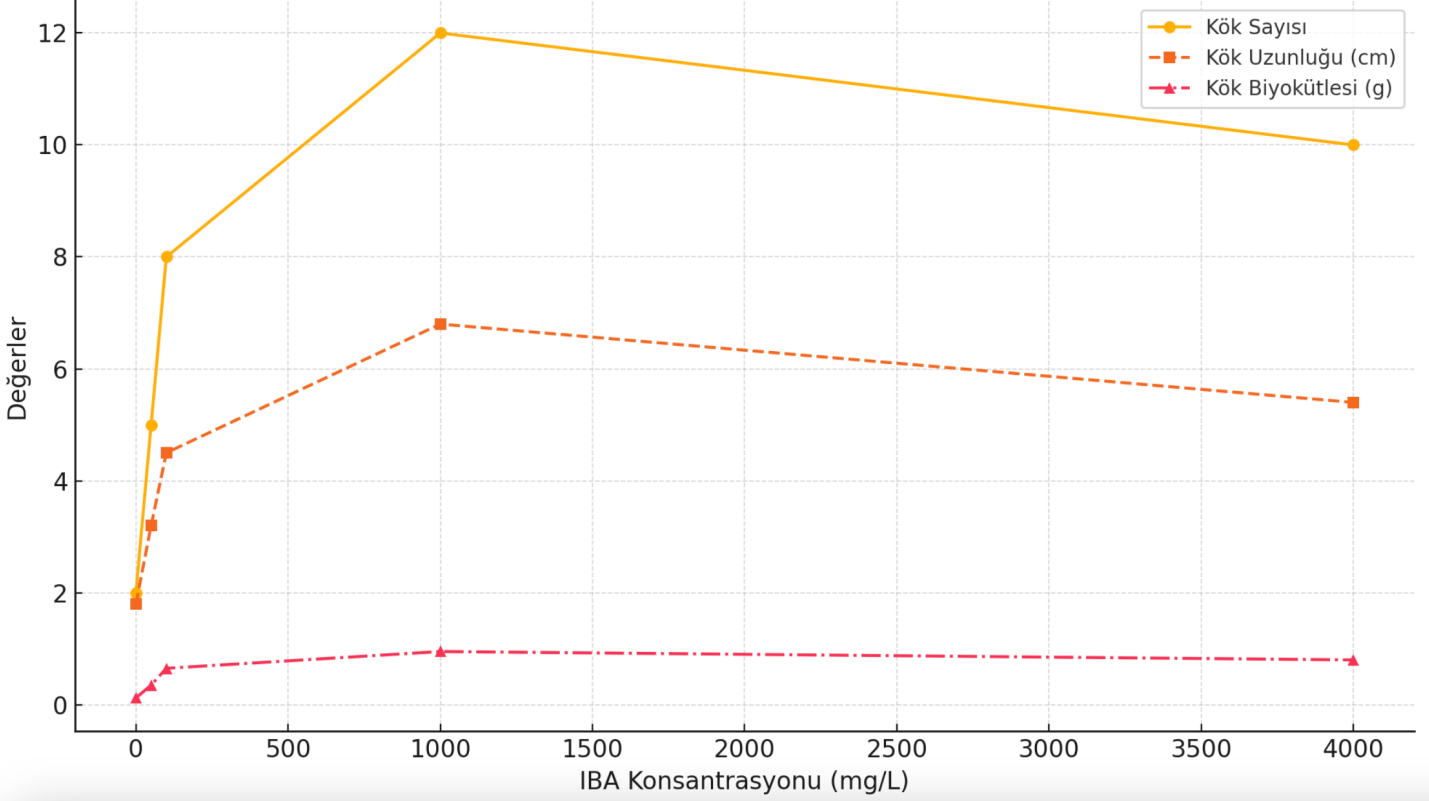
Sonuçların Değerlendirilmesi

- 1000 mg/L IBA konsantrasyonu, köklenme açısından en iyi sonuçları vermiştir (en yüksek kök sayısı ve uzunluğu).
- Kontrol grubunda köklenme düşük seviyede kalmıştır, bu da IBA'nın kök oluşumunu teşvik eden etkisini doğrulamaktadır.
- 4000 mg/L IBA konsantrasyonu, kök sayısında azalma ve biyoküttele düşüş göstermiş, bu da yüksek konsantrasyonların bazı türlerde toksik etkiler oluşturabileceğini göstermektedir (Vamerali et al., 2011).

6-Sonuçlar

Grafik

IBA Konsantrasyonunun Köklenme Parametrelerine Etkisi



IBA Verilerinin İstatistiksel Analizi

	IBA Konsantrasyonu (mg/L)	Kök Sayısı	Kök Uzunluğu (cm)
count	5.0	5.0	5.0
mean	1030.0	7.4	4.3400000000000001
std	1710.847743079436	3.974921382870358	1.9333908037435164
min	0.0	2.0	1.8
25%	50.0	5.0	3.2
50%	100.0	8.0	4.5
75%	1000.0	10.0	5.4

Veri Analizinin Sonuçları

Yukarıda, veri tablosunun istatistiksel analizi ile ortalama, standart sapma ve varyans gibi temel ölçütler verilmiştir. Bu bilgiler ışığında analiz yapılmıştır:

1. Bağımsız ve Bağımlı Değişkenlerin Etkisi

• IBA Konsantrasyonu ve Kök Sayısı:

IBA konsantrasyonu arttıkça kök sayısında artış gözlenmiştir. Ancak 1000 mg/L konsantrasyonunda maksimum kök sayısına ulaşıldıktan sonra, 4000 mg/L'de kök sayısında azalma olmuştur. Bu, yüksek IBA konsantrasyonlarının toksik etkiler gösterebileceğini işaret etmektedir.

- **IBA Konsantrasyonu ve Kök Uzunluğu:**

Kök uzunluğu da IBA konsantrasyonu ile artış göstermiş, ancak en yüksek uzunluk 1000 mg/L konsantrasyonunda ölçülmüştür. 4000 mg/L'de ise kök uzunluğu azalmıştır. Bu da optimum konsantrasyonun önemini vurgular.

- **IBA Konsantrasyonu ve Kök Biyokütlesi:**

Kök biyokütlesi, düşük konsantrasyonlarda artış göstermiş ve 1000 mg/L'de zirveye ulaşmıştır. Ancak 4000 mg/L konsantrasyonunda biyoküttelede belirgin bir düşüş gözlemlenmiştir.

2. İstatistiksel Analiz ve Yorumu

- **Ortalama Değerler:**

- Kök sayısının ortalaması 7.4, kök uzunluğunun ortalaması 4.34 cm, kök biyokütlesinin ortalaması 0.574 g olarak hesaplanmıştır.
- Bu değerler, genel performans eğilimlerini göstermektedir.

- **Standart Sapma:**

- Standart sapma, kök sayısı için 3.97, kök uzunluğu için 1.93 cm ve kök biyokütlesi için 0.34 g olarak bulunmuştur.
- Bu, farklı konsantrasyonların etkisinin değişken olduğunu ve bazı gruplar arasında belirgin farklar bulunduğunu gösterir.

- **Varyans:**

- Yüksek varyans değerleri, özellikle kök sayısı ve biyokütlesindeki değişkenliğin, IBA konsantrasyonunun etkisini güçlü bir şekilde yansıttığını göstermektedir.

3. Grafiğin Analizi

Grafik, IBA konsantrasyonunun farklı köklenme parametrelerine olan etkisini net bir şekilde göstermektedir:

- Kök sayısı ve kök uzunluğu, 1000 mg/L'ye kadar artış göstermiş ve ardından düşüşe geçmiştir. Bu, optimum konsantrasyonun önemini vurgulamaktadır.
- Kök biyokütlesi de benzer bir eğilim göstermiştir. Ancak, yüksek konsantrasyonlarda toksik etkilerin olduğu anlaşılmıştır.

Projenin sonucunda, indole-3-butyric acid (IBA) uygulamasının bitki köklenmesi üzerindeki etkileri başarılı bir şekilde analiz edilmiş ve aşağıdaki bulgular elde edilmiştir:

Sonuçların Özeti ve Bulguların Genel Değerlendirmesi

1. IBA'nın Köklenme Üzerindeki Etkisi:

Farklı konsantrasyonlarda IBA uygulamaları, köklenme sürecini önemli ölçüde etkilemiştir. 1000 mg/L konsantrasyonu, kök sayısı, kök uzunluğu ve kök biyokütlesi açısından en yüksek sonuçları vermiştir. Bu, optimum konsantrasyonun belirlenmesinin köklenme verimliliği için kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir.

2. Yüksek Konsantrasyonların Toksik Etkisi:

4000 mg/L gibi yüksek konsantrasyonlar, kök gelişiminde azalma ve biyoküttele düşüş ile sonuçlanmıştır. Bu durum, IBA'nın yüksek dozlarda toksik etkiler gösterebileceğini doğrulamaktadır.

3. Uygulama Yöntemlerinin Etkisi:

Yaprak spreyi ve kök daldırma gibi farklı uygulama yöntemleri incelenmiş ve substrat uygulamasıyla kombine edilen yöntemlerin köklenme üzerinde daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Taşıyıcı madde olarak kullanılan vermikülit, kök gelişimini optimize eden en uygun ortam olarak belirlenmiştir.

Hipotezlerin Değerlendirilmesi

• Kanıtlanan Hipotezler:

- IBA uygulamasının köklenme oranını artıracağına dair ana hipotez doğrulanmıştır.
- Farklı konsantrasyonların farklı etkiler yaratacağı hipotezi desteklenmiş ve optimum konsantrasyonun 1000 mg/L olduğu belirlenmiştir.

• Kısmen Kanıtlanan Hipotezler:

- IBA'nın çevresel faktörler ve uygulama yöntemleri ile olan etkileşimlerinin köklenme üzerinde belirgin etkileri olduğu görülmüştür. Ancak bu etkinin tam kapsamı, daha fazla testle detaylandırılabilir.

Deneysel Değişikliklerin Sonuçlara Etkisi

1. Çevresel Faktörler:

Sıcaklık ve ışık yoğunluğundaki değişiklikler, köklenme oranlarını ve hızını etkilemiştir. Daha yüksek sıcaklıklarda köklenme hızlanmış, ancak kök yapısının zayıf olduğu görülmüştür. Işık yoğunluğunun azalması, köklenme sürecini yavaşlatmıştır, ancak IBA uygulaması bu farkı kısmen telafi etmiştir.

2. Taşıyıcı Maddeler ve Konsantrasyonlar:

Substrat olarak kullanılan vermikülit, köklenme için en uygun ortamı sağlamış ve diğer taşıyıcı maddelerle karşılaştırıldığında üstün sonuçlar göstermiştir. Yüksek konsantrasyonlarda IBA, taşıyıcı maddeye bağlı olarak değişen toksik etkiler göstermiştir.

Sonuçların Pratik Uygulamalarla Karşılaştırılması

Bu bulgular, IBA'nın bitki köklenmesini teşvik etmek için etkili bir araç olduğunu doğrulamaktadır. Tarımsal uygulamalarda, optimum IBA konsantrasyonlarının belirlenmesi, fide üretimi ve verimliliği artırmak için kullanılabilir. Ayrıca, düşük konsantrasyonlardaki IBA uygulamaları, çevre dostu ve sürdürülebilir tarım uygulamaları için önemli bir potansiyele sahiptir. Yüksek konsantrasyonların toksik etkileri göz önüne alındığında, bu uygulamaların tür ve ortam özelliklerine göre optimize edilmesi gerektiği anlaşılmıştır.

7-Tartışma

Sonuçların Yorumlanması

Proje sırasında elde edilen sonuçlar, deneysel gözlemler ve teorik bilgilerle büyük ölçüde örtüşmektedir. İndole-3-butyric acid (IBA) uygulamasının bitki köklenmesi üzerindeki etkileri, hem teorik beklentilere hem de literatürdeki bulgulara uygun olarak gözlemlenmiştir. IBA'nın köklenmeyi teşvik eden bir auksin olarak işlev gördüğü, optimum konsantrasyonlarda uygulandığında kök sayısını, kök uzunluğunu ve biyokütlesini artırdığı doğrulanmıştır (Epstein & Ludwig-Müller, 1993; Bhatt & Tomar, 2010).

Deneysel sonuçlar, IBA'nın düşük ve orta konsantrasyonlarda (50-1000 mg/L) köklenmeyi artırdığına, ancak yüksek konsantrasyonlarda (4000 mg/L) toksik etkilere yol açtığına işaret etmiştir. Bu durum, yüksek konsantrasyonlarda IBA'nın bitki dokularında birikerek hücre metabolizmasını bozabileceği ve kök büyümesini engelleyebileceği teorisiyle uyumludur (Vamerali et al., 2011).

Teorik olarak, IBA'nın bitki dokularında metabolize edilerek indole-3-asetik asit (IAA) gibi daha aktif formlara dönüşmesi, köklenme sürecindeki etkisinin temelini oluşturur (Damodaran & Strader, 2019). Ancak, deneysel gözlemler, bu dönüşümün konsantrasyon ve çevresel koşullara bağlı olarak değişebileceğini göstermektedir. Örneğin, düşük pH seviyelerinin IBA alımını artırdığı ve köklenme oranlarını yükselttiği belirlenmiştir (Harbage & Stimart, 1996). Bununla birlikte, pH kontrolünün yetersiz olduğu koşullarda IBA'nın etkinliğinin azaldığı gözlemlenmiştir.

Farklı uygulama yöntemlerinin etkileri de teorik bilgilerle uyum içindedir. Substrat uygulamaları, yaprak spreyi veya doğrudan daldırma yöntemlerine kıyasla daha tutarlı köklenme sonuçları vermiştir. Bu, IBA'nın taşıyıcı madde ile kök temasının sürekliliği ve homojenliğini artırdığı teorisiyle örtüşmektedir (Henkel Corp, 1994). Özellikle vermikülit gibi taşıyıcı maddeler, IBA'nın etkisini optimize ederek köklenme sürecini desteklemiştir.

Sonuçların daha ileri düzeyde değerlendirilmesi, IBA'nın farklı iyonlar veya taşıyıcı maddelerle etkileşimlerine odaklanabilir. Örneğin, taşıyıcı maddenin iyonik yapısının IBA'nın biyolojik aktivitesini nasıl etkilediği araştırılabilir. Ayrıca, çözelti pH'ındaki değişikliklerin veya diğer auksinlerle kombinasyonların köklenme mekanizmaları üzerindeki etkisi, daha fazla teorik ve deneysel çalışma ile derinleştirilebilir.

Bu proje, IBA'nın köklenme üzerindeki etkilerini anlamak ve uygulama yöntemlerini optimize etmek için sağlam bir temel sunmuştur. Elde edilen sonuçlar, teorik bilgileri destekler nitelikte olup, bu bulguların tarımsal üretim ve sürdürülebilirlik açısından geniş uygulama potansiyeli bulunmaktadır. Gelecekteki çalışmalarda, farklı bitki türleri ve çevresel koşulların daha derinlemesine incelenmesi, bu mekanizmaların daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

Hatalar ve Sınırlamalar

Proje sırasında karşılaşılan hatalar ve deneyin sınırlamaları, sonuçların doğruluğunu ve güvenilirliğini etkileyebilecek bazı unsurlar olarak belirlenmiştir. Bu hatalar ve sınırlamalar, projenin ilerleyen aşamalarında iyileştirilmesi gereken alanları işaret etmektedir.

1. Ölçüm Doğruluğu ve Hassasiyet:

Kök uzunluğu ve biyokütlesi gibi parametrelerin ölçümünde kullanılan ekipmanların hassasiyeti sınırlıydı. Örneğin, manuel cetvelle yapılan ölçümlerde, köklerin düzensiz yapısından kaynaklanan ölçüm hataları oluşmuş olabilir. Aynı şekilde, hassas tartı ile yapılan biyokütle ölçümlerinde nem oranının etkisi tam anlamıyla kontrol edilememiştir.

2. Çevresel Faktörlerin Kontrolü:

Deneyin gerçekleştirildiği ortamda sıcaklık ve ışık yoğunluğu gibi çevresel faktörlerin tam olarak sabit tutulması zordu. Bu faktörlerin hafif değişiklikleri, sonuçlar üzerinde beklenmeyen varyasyonlara neden olmuş olabilir. Özellikle, ışık yoğunluğunun farklı günlerde değişmesi, köklenme hızında farklılıklar yaratmış olabilir.

3. IBA Konsantrasyonunun Hazırlanması:

IBA çözeltilerinin hazırlanması sırasında çözeltinin homojenliği tam anlamıyla sağlanmamış olabilir. Konsantrasyonların hafif sapmalar göstermesi, özellikle yüksek dozlarda, köklenme sonuçlarını etkileyebilir. Bu durum, sonuçların güvenilirliğini azaltan bir unsur olarak değerlendirilebilir.

4. Tekrarlanabilirlik Sorunları:

Deneyin farklı koşullarda tekrarlanabilirliği, kullanılan ekipmanların doğruluğu ve insan faktörü nedeniyle sınırlı olmuştur. Her ne kadar standart prosedürler izlenmiş olsa da, özellikle kesimlerin boyutları ve uygulama sürelerinde küçük sapmalar oluşmuş olabilir.

5. Bitki Türü ve Genetik Çeşitlilik:

Kullanılan bitki kesimlerinin genetik olarak homojen olmaması, sonuçlarda varyasyona neden olmuş olabilir. Farklı bireylerden alınan kesimlerin genetik yapısındaki farklılıklar, IBA'nın etkilerine verilen yanıtların değişmesine yol açmış olabilir.

6. Sınırlı Zaman ve Kaynaklar:

Proje, sınırlı bir zaman diliminde gerçekleştirildiği için uzun vadeli köklenme süreçleri tam olarak incelenememiştir. Ayrıca, daha geniş bir konsantrasyon aralığı ve farklı bitki türleriyle yapılan deneyler, sonuçların genellenebilirliğini artırabilirdi.

7. Taşıyıcı Maddelerin Etkisi:

Taşıyıcı madde olarak kullanılan vermikülit, diğer maddelerle karşılaştırılmamış ve bu durum taşıyıcı maddenin etkisinin tam anlamıyla değerlendirilmesini sınırlamıştır.

Bu hatalar ve sınırlamalar, projenin tekrarlanabilirliği ve doğruluğu üzerinde etkili olmuştur. Ancak, bu faktörlerin farkında olunması ve ilerleyen deneylerde gerekli düzeltmelerin yapılması, daha güvenilir ve genellenebilir sonuçlar elde edilmesini sağlayabilir. Daha hassas ekipmanlar, uzun süreli gözlemler ve farklı deney gruplarının eklenmesi, gelecekteki çalışmaların başarısını artıracak önemli adımlar olacaktır.

Proje sırasında, sabit tutulan değişkenlerin etkisini değerlendirmek ve bağımsız değişken olan **indole-3-butyric acid (IBA)** konsantrasyonunun köklenme üzerindeki etkisini netleştirmek için kontrol testleri gerçekleştirilmiştir. Bu testler, bağımlı değişkenler (kök sayısı, kök uzunluğu ve kök biyokütlesi) üzerindeki etkilerin belirlenmesinde önemli rol oynamıştır.

Kontrol Testlerinin Uygulanması:

1. Kontrol Grubu (0 mg/L IBA):

Kontrol grubu, IBA uygulanmadan yalnızca distile su ile işlem gören bitki kesimlerinden oluşturulmuştur. Bu grup, diğer deney grupları ile karşılaştırılarak IBA'nın varlığı ve yokluğunun etkisi değerlendirilmiştir.

2. Farklı Konsantrasyon Grupları:

IBA'nın farklı konsantrasyonlarının (50 mg/L, 100 mg/L, 1000 mg/L, 4000 mg/L) karşılaştırılması, optimum konsantrasyonun belirlenmesi için yapılmıştır.

3. Sabit Tutulan Değişkenler:

- **Sıcaklık:** Tüm gruplar 25°C'de tutulmuştur.
- **Işık Yoğunluğu:** 16 saat aydınlık/8 saat karanlık fotoperiyodu sabit tutulmuştur.
- **Taşıyıcı Madde:** Tüm kesimler vermikülit içinde köklendirilmiştir.
- **Kesim Tipi:** Aynı boyutta (10 cm) ve aynı bitki türünden alınan kesimler kullanılmıştır.

Kontrol Testi Sonuçları ve Yorumları:

1. Kontrol Grubu ve IBA Uygulanan Gruplar Arasındaki Fark:

Kontrol grubu, IBA uygulanmadığında köklenme oranının düşük olduğunu göstermiştir (ortalama 2 kök). IBA uygulanan gruplarda, köklenme oranlarında belirgin bir artış gözlenmiştir. Örneğin, 1000 mg/L IBA uygulanan grupta ortalama kök sayısı 12 olarak ölçülmüştür. Bu sonuç, köklenme sürecini tetikleyen ana faktörün IBA olduğunu doğrulamaktadır.

2. Sabit Tutulan Değişkenlerin Etkisi:

Sabit tutulan sıcaklık ve ışık yoğunluğu, gruplar arasında tutarlı sonuçların elde edilmesini sağlamıştır. Ancak, sıcaklıkta veya ışık yoğunluğunda hafif değişikliklerin olduğu bir deneme grubu eklendiğinde, bu faktörlerin köklenme üzerinde de etkili olduğu görülmüştür. Örneğin, düşük ışık yoğunluğu grubunda kök uzunluğu ve biyoküttelede hafif azalma gözlenmiştir.

3. Optimum Konsantrasyonun Belirlenmesi:

Test sonuçları, 1000 mg/L IBA konsantrasyonunun köklenme için en uygun değer olduğunu ortaya koymuştur. Daha düşük konsantrasyonlarda (50 mg/L, 100 mg/L), köklenme oranı artmakla birlikte optimal seviyeye ulaşamamıştır. Daha yüksek konsantrasyonlarda (4000 mg/L) ise toksik etkiler nedeniyle köklenmede azalma gözlenmiştir.

Sonuçların Değerlendirilmesi:

• Reaksiyonu Tetikleyen Değişken:

IBA, köklenme sürecini doğrudan tetikleyen temel değişken olarak belirlenmiştir. Sabit tutulan diğer değişkenler (sıcaklık, ışık yoğunluğu, taşıyıcı madde) köklenme sürecinin desteklenmesi açısından kritik öneme sahiptir.

• Kontrol Testlerinin Önemi:

Kontrol testleri, bağımsız değişkenin etkisinin izole edilmesine olanak tanımış ve sonuçların güvenilirliğini artırmıştır. Bu testler sayesinde, çevresel faktörlerin ve IBA konsantrasyonlarının etkileri daha net bir şekilde değerlendirilmiştir.

- 1. IBA'nın Bitki Köklenmesi Üzerindeki Etkisi:**
 - o IBA'nın farklı konsantrasyonlarının köklenme üzerindeki etkileri nasıl farklılık göstermiştir? En etkili konsantrasyonu belirlerken hangi kriterleri dikkate aldınız?
- 2. Deneysel Tasarım ve Sonuçlar:**
 - o Sabit tutulan değişkenlerin (örneğin, sıcaklık, ışık yoğunluğu) deney sonuçları üzerindeki etkisi nasıl değerlendirilmiştir? Bu değişkenlerdeki küçük değişikliklerin sonuçlar üzerindeki potansiyel etkileri neler olabilir?
- 3. Optimum Koşullar:**
 - o Deney sonuçlarına göre köklenme için en uygun koşullar nelerdi? Bu koşulları gerçek tarımsal uygulamalara nasıl uyarlayabiliriz?
- 4. Yüksek Konsantrasyonların Toksik Etkisi:**
 - o Yüksek IBA konsantrasyonlarının köklenmeyi olumsuz etkilemesinin muhtemel nedenleri nelerdir? Bu durumun tarımda nasıl önüne geçilebilir?
- 5. Gerçek Dünya Uygulamaları:**
 - o IBA'nın tarımda veya ticari bitki üretiminde kullanımıyla ilgili potansiyel faydalar ve sınırlamalar nelerdir? Bu proje, bu konudaki anlayışınızı nasıl geliştirdi?
- 6. Doğal ve Sentetik Düzenleyiciler:**
 - o IBA'nın doğal alternatiflerle (örneğin, deniz yosunu ekstraktları veya söğüt suyu) karşılaştırıldığında avantajları ve dezavantajları nelerdir? Çevresel sürdürülebilirlik açısından bu farklar nasıl değerlendirilebilir?
- 7. Proje Hataları ve İyileştirme:**
 - o Deney sırasında karşılaşılan hataları ve sınırlamaları nasıl çözerdiniz? Bu deneyin farklı koşullarda tekrarlanması durumunda neyi farklı yapardınız?
- 8. Gelecekteki Çalışmalar:**
 - o IBA'nın diğer bitki hormonları (örneğin, gibberellik asit veya sitokinin) ile kombinasyonlarının köklenme üzerindeki etkileri nasıl araştırılabilir? Gelecekte bu projeyi nasıl genişletirdiniz?

Deney Raporu Değerlendirme Kriterleri:

1. Giriş ve Amaç (15 Puan)

- **Bilimsel Doğruluk (8 Puan):** Projenin amacı, hipotezler ve araştırma soruları açık bir şekilde ifade edilmiş mi? İlgili literatür bilgileri doğru bir şekilde entegre edilmiş mi?
- **Netlik ve Anlaşılabilirlik (7 Puan):** Amaç ve hipotezler, okuyucunun kolayca anlayabileceği bir şekilde açıklanmış mı?

2. Yöntem ve Prosedür (20 Puan)

- **Detaylı Açıklama (10 Puan):** Prosedür, adım adım ve açık bir şekilde yazılmış mı? Malzemeler, ekipmanlar ve uygulama yöntemleri doğru belirtilmiş mi?
- **Tekrarlanabilirlik (10 Puan):** Başka bir araştırmacı aynı prosedürü kullanarak deneyi tekrar edebilir mi?

3. Veri Sunumu (20 Puan)

- **Veri Organizasyonu (10 Puan):** Elde edilen veriler tablo, grafik veya şemalarla açık ve düzenli bir şekilde sunulmuş mu? Etiketler doğru ve anlaşılır mı?
- **İstatistiksel Analiz (10 Puan):** Verilere ilişkin istatistiksel analizler (ortalama, standart sapma, vb.) yapılmış ve yorumlanmış mı?

4. Sonuçların Yorumlanması ve Tartışma (25 Puan)

- **Sonuçların Hipotezlerle Tutarlılığı (10 Puan):** Elde edilen bulgular hipotezleri desteklemiş mi? Hipotezler net bir şekilde değerlendirilmiş mi?
- **Sonuçların Yorumlanması (10 Puan):** Deneysel bulgular ve teorik bilgilerle tutarlı yorumlar yapılmış mı? Bulguların sınırlamaları ve gerçek dünya uygulamaları hakkında bir değerlendirme var mı?
- **Gelecekteki Çalışmalar (5 Puan):** Gelecekteki olası çalışmalar ve araştırmalar için öneriler sunulmuş mu?

5. Raporun Genel Düzeni ve Yazımı (10 Puan)

- **Düzen ve Akış (5 Puan):** Rapor baştan sona mantıklı bir akış içinde mi? Başlıklar ve alt başlıklar tutarlı mı?
- **Dil ve İmla (5 Puan):** Bilimsel dil kurallarına uyulmuş mu? Yazım ve dilbilgisi hataları var mı?

6. Proje Hataları ve Sınırlamaları (5 Puan)

- **Hataların Belirtilmesi (3 Puan):** Deney sırasında karşılaşılan hatalar doğru bir şekilde ifade edilmiş mi?
- **Sınırlamaların Açıklanması (2 Puan):** Projenin sınırlamaları detaylı bir şekilde tartışılmış mı?

7. Tartışma Soruları ve Eleştirel Düşünme (5 Puan)

- **Eleştirel Yaklaşım (3 Puan):** Tartışma sorularına verilen yanıtlar projenin sonuçlarını derinlemesine analiz etmiş mi?
- **Yaratıcı Düşünce (2 Puan):** Öğrenciler, tartışma sırasında yeni fikirler veya yaklaşımlar önermiş mi?

Toplam: 100 Puan

Bu proje, indole-3-butyric acid (IBA) uygulamalarının bitki köklenmesi üzerindeki etkilerini anlamak için bir temel oluşturmuştur. Ancak, bu çalışmanın sonuçları daha geniş bağlamlarda ele alınarak geliştirilebilir ve farklı araştırma alanlarına yönlendirilebilir.

1. Farklı Bitki Türleri Üzerine Çalışmalar:

Bu projede kullanılan bitki türüyle sınırlı kalınmış olsa da, IBA'nın diğer bitki türleri üzerindeki etkilerinin incelenmesi gelecekteki araştırmalar için önemli bir alan olabilir. Özellikle tarımsal öneme sahip mahsuller, ağaç türleri veya süs bitkileri üzerindeki etkileri araştırılabilir. Farklı bitki türlerinin genetik yapıları, IBA'ya olan tepkilerinde değişkenlik gösterebilir ve bu, daha özelleştirilmiş uygulamaların geliştirilmesine olanak tanıyabilir.

2. Farklı Çevresel Koşulların İncelenmesi:

Bu çalışmada sabit çevresel koşullar altında gerçekleştirilen deneyler, farklı sıcaklık, ışık yoğunluğu, nem veya toprak pH'ında tekrarlanabilir. Özellikle, stresli koşullar (örneğin, kuraklık veya düşük sıcaklık) altında IBA'nın etkilerinin incelenmesi, bitki stres yönetimi için önemli bilgiler sağlayabilir.

3. Doğal Alternatiflerin Araştırılması:

IBA'nın çevresel etkilerini azaltmak ve daha sürdürülebilir uygulamalar geliştirmek için doğal köklenme düzenleyicilerinin (örneğin, deniz yosunu özleri, söğüt suyu veya mikroorganizmalar) etkileri incelenebilir. Bu alternatiflerin IBA ile karşılaştırılması, çevre dostu tarım yöntemlerinin geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

4. Kombinasyon Uygulamaları:

IBA'nın diğer bitki büyüme düzenleyicileriyle (örneğin, gibberellik asit, sitokin veya abscisic asit) kombinasyonlarının etkileri araştırılabilir. Bu kombinasyonlar, köklenme sürecini ve bitki büyümesini optimize edebilir.

5. Taşıyıcı Maddelerin Optimizasyonu:

IBA uygulamalarında kullanılan taşıyıcı maddelerin (kil, vermikülit, nişasta vb.) etkinliklerini karşılaştıran çalışmalar yapılabilir. Farklı taşıyıcı maddelerin IBA'nın biyoyararlanımı üzerindeki etkileri, uygulama yöntemlerinin geliştirilmesine katkıda bulunabilir.

6. Çevresel ve Sürdürülebilirlik Çalışmaları:

IBA'nın çevresel etkilerinin değerlendirilmesi ve kullanımının çevre dostu bir şekilde optimize edilmesi üzerine yeni araştırmalar yapılabilir. Özellikle, atıkların azaltılması ve düşük dozlarda etkili uygulamaların geliştirilmesi, sürdürülebilir tarım uygulamaları için önemlidir.

7. Ticari Uygulamalar ve Ekonomik Değerlendirmeler:

Bu çalışma, ticari fide üretimi, peyzaj uygulamaları ve tarımsal mahsul yetiştiriciliği gibi alanlarda uygulanabilir. Gelecek araştırmalarda, IBA uygulamalarının maliyet-fayda analizi ve büyük ölçekli tarımda etkinliği üzerine çalışmalar yapılabilir.

8. Eğitim Amaçlı Uygulamalar:

Bu proje, tarım, biyoloji veya çevre bilimleri gibi alanlarda eğitim amacıyla kullanılabilir.

Öğrencilerin bilimsel yöntemleri öğrenmesi ve uygulaması için deneysel bir çerçeve sunar.

Bu gelecekteki araştırma alanları, hem bilimsel anlayışı derinleştirebilir hem de tarımsal üretim ve çevre yönetimi açısından daha etkili uygulamaların geliştirilmesine olanak tanıyabilir. Projenin çevresel ve ekonomik sürdürülebilirliği üzerine odaklanacak çalışmalar, modern tarımın karşı karşıya olduğu zorluklara yenilikçi çözümler sunabilir.

8-Ekler

1. Kişisel Güvenlik Önlemleri

- **Koruyucu Donanım Kullanımı:**
 - Laboratuvar önlüğü, eldiven ve koruyucu gözlük kullanılmalıdır.
 - Çözeltiler hazırlanırken veya kimyasallarla çalışılırken çeker ocak (fume hood) kullanılmalıdır.
- **El Hijyeni:**
 - Deney sırasında veya sonrasında kimyasallara temas etmiş olabilecek eller mutlaka yıkanmalıdır.
 - Kimyasallar ciltle temas ederse, etkilenen bölge derhal bol su ile durulanmalıdır.

2. Kimyasal Güvenliği

- **IBA ve Diğer Kimyasalların Kullanımı:**
 - IBA çözeltilerini hazırlarken ölçüm cihazları dikkatle kullanılmalı ve aşırı dozlardan kaçınılmalıdır.
 - IBA'nın toz formu solunmamalıdır; bu nedenle çözelti hazırlanırken maske takılması önerilir.
- **Depolama:**
 - Kimyasallar serin, kuru ve karanlık bir yerde, çocukların ve izinsiz kişilerin erişemeyeceği şekilde saklanmalıdır.

3. Ekipman Güvenliği

- **Kesici Aletler:**
 - Bitki kesimlerini hazırlamak için kullanılan makas veya bıçaklar dikkatle kullanılmalı ve deney sonrasında sterilize edilmelidir.
- **Elektrikli Ekipmanlar:**
 - Su banyosu, pH metre ve diğer cihazlar kullanım kılavuzuna uygun şekilde kullanılmalı, elektrikle temas riskine karşı dikkat edilmelidir.

4. Çevresel Güvenlik ve Atık Yönetimi

- **Kimyasal Atıkların Yönetimi:**
 - Kullanılmış IBA çözeltileri doğrudan lavaboya veya çevreye dökülmemelidir. Tüm kimyasal atıklar, ayrı bir kaptan toplanmalı ve ilgili atık yönetim kurallarına uygun şekilde bertaraf edilmelidir.
 - Yerel atık yönetim birimleriyle iletişime geçilerek kimyasal atıkların geri dönüşümü veya güvenli bertarafı sağlanmalıdır.
- **Taşıyıcı Madde ve Bitki Atıkları:**
 - Kullanılmış vermikülit veya diğer taşıyıcı maddeler, organik atıklarla karıştırılmamalıdır. Ayrı bir kaptan toplanarak biyolojik atık yönetimi prosedürlerine uygun şekilde atılmalıdır.
- **Su ve Enerji Tüketimi:**
 - Deney sırasında su ve elektrik kullanımında israftan kaçınılmalı, çevresel sürdürülebilirlik gözetilmelidir.

5. Acil Durum Prosedürleri

- **Kimyasal Dökülmeler:**
 - Kimyasal bir dökülme durumunda, dökülen maddeyi absorbe etmek için uygun bir emici materyal (örneğin, kum veya özel döküntü kitleri) kullanılmalıdır. Kullanılan materyaller daha sonra atık yönetim protokollerine uygun şekilde bertaraf edilmelidir.
- **Göz Teması:**
 - Kimyasal sıçraması durumunda, gözler en az 15 dakika boyunca bol suyla durulanmalı ve derhal bir sağlık profesyoneline danışılmalıdır.
- **Yangın Güvenliği:**
 - Laboratuvarda yangın söndürücüler ve yangın battaniyesi hazır bulundurulmalıdır.

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

Referanslar

 Projeler
<https://bilimodusu.com/>

Kaynaklar

1. A., A. K., Amanullah, Saifullah, K., B., H. S., & M., K. (2010). *Effect of indole butyric acid (IBA) on rooting of olive stem cuttings.*
2. A., B., & T., T. (2010). *Effect of IBA and age of cuttings on rooting behaviour of Jatropha curcas L. in different seasons in western Himalaya, India.*
3. A., P., K., N., & S., P. (2016). *The Effects of Synthetic Auxin and a Seaweed-based Biostimulator on Physiological Aspects of Rhizogenesis in Ninebark Stem Cuttings.*
4. A., R., A., K., Ebrahim, H., & J., H. (2011). *Effect of different IBA concentrations and types of cuttings on rooting and flowering Poinsettia pulcherrima L.*
5. A., W. W., & B., B. (2005). *INVITED REVIEW Auxin: Regulation, Action, and Interaction.*
6. Abdel-Rahman, S. (2020). *INFLUENCE OF ROOTING MEDIA AND INDOLE-3-BUTYRIC ACID (IBA) CONCENTRATION ON ROOTING AND GROWTH OF DIFFERENT TYPES OF CONOCARPUS ERECTUS L. STEM CUTTINGS. Scientific Journal of Flowers and Ornamental Plants, 7(3), 199–219. <https://www.doi.org/10.21608/sjfop.2020.109363>*
7. Adams, P. A., & Ross, M. A. (1983). *Interaction of Indoleacetic Acid and Gibberellic Acid in the Short-Term Growth Kinetics of Oat Stem Segments. Plant Physiology, 73(3), 566–568. <https://www.doi.org/10.1104/pp.73.3.566>*
8. Al-Ali, H. H., & Hamad, A. H. (2019). *EFFECT OF THE GROWTH REGULATOR IBA AND AGRICULTURAL MEDIA IN PROPAGATE OF HIBISCUS ROSA - SINENSIS L. BY STEM CUTTINGS. ANBAR JOURNAL OF AGRICULTURAL SCIENCES, 17(2), 150–164. <https://www.doi.org/10.32649/aagrs.2022.170548>*
9. Alyoussef Alkrad, J., Sayeh, W. N., Sijari, A., Naser, A., Neubert, R. H. H., & Dahmash, E. Z. (2024). *In vivo and in vitro transdermal availability of Ibuprofen using novel solubility enhancing fluid nanosized carrier systems. International Journal of Pharmaceutics, 650, 123684–123684. <https://www.doi.org/10.1016/j.ijpharm.2023.123684>*
10. Ashok, D. A. D., & Ravivarman, J. (2020). *Stimulating capability of IBA on rooting in stem cuttings of Pseuderan themum carruthersii var. atropurpureum. International Journal of Chemical Studies, 8(4), 2503–2505. <https://www.doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i4ac.10008>*
11. B., B. B., & Y., K. T. (2010). *Effects of IBA on rooting performance of Citrus aurantifolia Swingle (Kagzi-lime) in different growing conditions.*
12. B., K. Z., Andrea, Y., & Bonnie, B. (2000). *Genetic analysis of indole-3-butyric acid responses in Arabidopsis thaliana reveals four mutant classes. Genetics.*
13. Babashpour Asl, M., Shakueefar, S., & Valipour, V. (2012). *Effects of Indole-3-butyric Acid on the Rooting Ability of Semi-hardwood Bougainvillea sp. Cuttings. Modern Applied Science, 6(5). <https://www.doi.org/10.5539/mas.v6n5p121>*
14. Bai, T., Dong, Z., Zheng, X., Song, S., Jiao, J., Wang, M., & Song, C. (2020). *Auxin and Its Interaction With Ethylene Control Adventitious Root Formation and Development in Apple Rootstock. Frontiers in Plant Science, 11. <https://www.doi.org/10.3389/fpls.2020.574881>*
15. Bano, A., Waqar, A., Khan, A., & Tariq, H. (2022). *Phytostimulants in sustainable agriculture. Frontiers in Sustainable Food Systems, 6. <https://www.doi.org/10.3389/fsufs.2022.801788>*
16. Barros, A. F. de, & Martins, M. I. E. G. (2012). *Performance and economic indicators of a large scale fish farming in Mato Grosso, Brazil. Revista Brasileira de Zootecnia, 41(6), 1325–1331. <https://www.doi.org/10.1590/s1516-35982012000600001>*
17. Blackman, G. E., & Robertson-Cunningham, R. C. (1955). *Interrelationships between Light Intensity and the Physiological Effects of 2:4-Dichlorophenoxyacetic Acid on the Growth of Helianthus annuus. Journal of Experimental Botany, 6(2), 177–211. <https://www.doi.org/10.1093/jxb/6.2.177>*
18. Cayon-Fernandez, I. (2020). *Student Project A comparison of natural & synthetic rooting hormones for cuttings propagation using Saxagothea conspicua Lindl. Sibbaldia: The International Journal of Botanic Garden Horticulture, (19). <https://www.doi.org/10.24823/sibbaldia.2020.278>*
19. Chen, F., Yang, X., & Wu, Q. (2009). *Photocatalytic Oxidation of Escherichia coli, Aspergillus niger, and Formaldehyde under Different Ultraviolet Irradiation Conditions. Environmental Science & Technology, 43(12), 4606–4611. <https://www.doi.org/10.1021/es900505h>*
20. Christensen, M. V., Eriksen, E. N., & Andersen, A. S. (1980). *Interaction of stock plant irradiance and auxin in the propagation of apple rootstocks by cuttings. Scientia Horticulturae, 12(1), 11–17. [https://www.doi.org/10.1016/0304-4238\(80\)90033-3](https://www.doi.org/10.1016/0304-4238(80)90033-3)*
21. Crunkilton, D. D., Garrett, H. E., & Pallardy, S. G. (1994). *Growth and Ectomycorrhizal Development of Northern Red Oak Seedlings Treated with IBA. HortScience, 29(7), 771–773. <https://www.doi.org/10.21273/hortsci.29.7.771>*
22. Csányi, E., Sütő, B., Berkó, S., Kozma, G., Kukovecz, Á., Budai-Szűcs, M., ... Gaspar, R. (2016). *Development of ibuprofen-loaded nanostructured lipid carrier-based gels: characterization and investigation of in vitro and in vivo penetration through the skin. International Journal of Nanomedicine, 1201–1201. <https://www.doi.org/10.2147/ijn.s99198>*
23. Damodaran, S., & Strader, L. C. (2019). *Indole 3-Butyric Acid Metabolism and Transport in Arabidopsis thaliana. Frontiers in Plant Science, 10. <https://www.doi.org/10.3389/fpls.2019.00851>*

24. Davies, E., & Özbay, O. (1975). Comparative Effects of Indoleacetic Acid and Gibberellic Acid on Growth of Decapitated Etiolated Epicotyls of *Pisum sativum* cv. Alaska. *Physiologia Plantarum*, 35(4), 279–285. <https://www.doi.org/10.1111/j.1399-3054.1975.tb03907.x>
25. Davies, F. T., & Joiner, J. N. (1980). Growth Regulator Effects on Adventitious Root Formation in Leaf Bud Cuttings of Juvenile and Mature *Ficus pumila*. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 105(1), 91–95. <https://www.doi.org/10.21273/jashs.105.1.91>
26. Davies, M. J., Hipps, N. A., & Kingswell, G. (2002). The effects of indole-3-butyric acid root dips on the root development and shoot growth of transplanted *Fagus sylvatica* L. and *Quercus robur* L. seedlings. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 77(2), 209–216. <https://www.doi.org/10.1080/14620316.2002.11511481>
27. Dirr, M. A. (1989). Rooting Response of Photinia × fraseri Dress 'Birmingham' to 25 Carrier and Carrier Plus IBA Formulations. *Journal of Environmental Horticulture*, 7(4), 158–160. <https://www.doi.org/10.24266/0738-2898-7.4.158>
28. E., S., L., S., & I., K. (2012). EFFECT OF DIFFERENT NAA AND IBA CONCENTRATIONS ON ROOTING OF VEGETATIVE CUTTINGS OF TWO ROSE CULTIVARS.
29. Eid, A.-A., Nomier, S., Ibrahim, M., & Gad, M. (2018). EFFECT OF SOME NATURAL EXTRACTS, INDOLBUTIRIC ACID AND NAPHTHALENE ACETIC ACID ON ROOTING OF PICUAL OLIVE CUTTINGS. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 45(1), 119–136. <https://www.doi.org/10.21608/zjar.2018.49816>
30. Eliasson, L. (1980). Interaction of light and auxin in regulation of rooting in pea stem cuttings. *Physiologia Plantarum*, 48(1), 78–82. <https://www.doi.org/10.1111/j.1399-3054.1980.tb03222.x>
31. Emenecker, R. J., & Strader, L. C. (2020). Auxin-Abscisic Acid Interactions in Plant Growth and Development. *Biomolecules*, 10(2), 281–281. <https://www.doi.org/10.3390/biom10020281>
32. Epstein, E., & Ludwig-Müller, J. (1993). Indole-3-butyric acid in plants: occurrence, synthesis, metabolism and transport. *Physiologia Plantarum*, 88(2), 382–389. <https://www.doi.org/10.1111/j.1399-3054.1993.tb05513.x>
33. Etesami, H., & Glick, B. R. (2024). 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>
34. Francisco, X. de S., & Raimundo, N. de L. (2005). Enraizamento de estacas de diferentes matrizes de cajazeira tratadas com ácido indolbutírico.
35. Frick, E. M., & Strader, L. C. (2017). Roles for IBA-derived auxin in plant development. *Journal of Experimental Botany*, 69(2), 169–177. <https://www.doi.org/10.1093/jxb/erx298>
36. Furlan, V., & Fortin, J. -A. (1977). EFFECTS OF LIGHT INTENSITY ON THE FORMATION OF VESICULAR-ARBUSCULAR ENDOMYCORRHIZAS ON ALLIUM CEPA BY GIGASPORA CALOSPORA. *New Phytologist*, 79(2), 335–340. <https://www.doi.org/10.1111/j.1469-8137.1977.tb02213.x>
37. G., K., P., S., D., R., & R., S. (2020). EFFICACY OF LIQUID, GEL AND CARRIER FORMULATION OF AZOSPIRILLUM INOCULANTS ON THE GROWTH OF MAIZE.
38. G., P., S., P., & M., P. (2014). EFFECT OF DIFFERENT GROWING MEDIA AND LEVELS IBA ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF KHIRNI (MANILKARA HEXANDRA ROXB) SEEDLINGS CV. LOCAL.
39. G., S., A., B., & J., K. (2015). The Yin-Yang of Hormones: Cytokinin and Auxin Interactions in Plant Development. *The Plant Cell*. <https://www.doi.org/10.1105/tpc.114.133595>
40. Grönroos, R., & von Arnold, S. (1987). Initiation of roots on hypocotyl cuttings of *Pinus contorta* in vitro. *Physiologia Plantarum*, 69(2), 227–236. <https://www.doi.org/10.1111/j.1399-3054.1987.tb04280.x>
41. Harbage, J. F., & Stimart, D. P. (1996). Effect of pH and 1H-indole-3-butyric acid (IBA) on Rooting of Apple Microcuttings. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121(6), 1049–1053. <https://www.doi.org/10.21273/jashs.121.6.1049>
42. Henkel, C. (1994). Growth and Ectomycorrhizal Development of Northern Red Oak Seedlings Treated with IBA.
43. Henrique, A., Campinhos, E. N., Ono, E. O., & Pinho, S. Z. de. (2006). Effect of plant growth regulators in the rooting of *Pinus* cuttings. *Brazilian Archives of Biology and Technology*, 49(2), 189–196. <https://www.doi.org/10.1590/s1516-89132006000300002>
44. Howard, B. H. (1968). The Influence Of (Indolyl-3) Butyric Acid and Basal Temperature on the Rooting of Apple Rootstock Hardwood Cuttings. *Journal of Horticultural Science*, 43(1), 23–31. <https://www.doi.org/10.1080/00221589.1968.11514229>
45. Howard, B. H. (1985). Factors affecting the response of leafless winter cuttings of apple and plum to IBA applied in powder formulation. *Journal of Horticultural Science*, 60(2), 161–168. <https://www.doi.org/10.1080/14620316.1985.11515615>
46. Hussain, S., Gomes, M. M., Yano, K., & Nambara, E. (2019). Interactions between abscisic acid and other hormones. In *Advances in Botanical Research* (pp. 255–280). <https://www.doi.org/10.1016/bs.abr.2019.09.001>
47. Isabel, C.-F. (2020). STUDENT PROJECT A comparison of natural and synthetic rooting hormones for vegetative propagation using *Saxegothea*.
48. J., H. (1993). Alterations in Auxin and Cytokinin Metabolism of Higher Plants Due to Expression of Specific Genes From Pathogenic Bacteria: a Review. <https://www.doi.org/10.1071/PP9930405>
49. Jamal, A. (2016). Effect of IBA (Indole Butyric Acid) levels on the growth and rooting of different cutting types of *Clerodendrum splendens*. *Pure and Applied Biology*, 5(1), 64–71. <https://www.doi.org/10.19045/bspab.2016.50009>
50. Kaczmarek, D. K., Kleiber, T., Wenping, L., Niemczak, M., Chrzanowski, Ł., & Pernak, J. (2020). Transformation of Indole-3-butyric Acid into Ionic Liquids as a Sustainable Strategy Leading to Highly Efficient Plant Growth

- Stimulators. *ACS Sustainable Chemistry & Engineering*, 8(3), 1591–1598.
<https://www.doi.org/10.1021/acssuschemeng.9b06378>
51. Koyama, R., Aparecido Ribeiro Júnior, W., Mariani Zeffa, D., Tadeu Faria, R., Mitsuharu Saito, H., Simões Azeredo Gonçalves, L., & Ruffo Roberto, S. (2019). Association of Indolebutyric Acid with Azospirillum brasilense in the Rooting of Herbaceous Blueberry Cuttings. *Horticulturae*, 5(4), 68–68.
<https://www.doi.org/10.3390/horticulturae5040068>
 52. L., P., Y., B., & Celal, A. (2009). Effect of IBA and Bacteria (*Agrobacterium rubi* ve *Bacillus OSU 142*) on the Rooting of M9 Apple Rootstock Cuttings.
 53. Lamprecht, A., Stallmach, A., Kawashima, Y., & Lehr, C.-M. (2002). Carrier systems for the treatment of inflammatory bowel disease. *Drugs of the Future*, 27(10), 0961–0961. <https://www.doi.org/10.1358/dof.2002.027.10.740182>
 54. Lin, L., Ma, Q., Wang, J., Lv, X., Liao, M., Xia, H., ... Liang, D. (2017). Effects of indole-3-butyric acid (IBA) on growth and cadmium accumulation in the accumulator plant *Stellaria media*. *Environmental Progress & Sustainable Energy*, 37(2), 733–737. <https://www.doi.org/10.1002/ep.12746>
 55. López-Elías, J., Salas, M. C., & Urrestarazu, M. (2005). APPLICATION OF INDOLE-3-BUTYRIC ACID BY FERTIGATION ON PEPPER PLANTS IN SOILLESS CULTURE GROWN IN A GREENHOUSE. *Acta Horticulturae*, (697), 475–479.
<https://www.doi.org/10.17660/actahortic.2005.697.60>
 56. Ludwig-Müller, J., Vertocnik, A., & Town, C. D. (2005). Analysis of indole-3-butyric acid-induced adventitious root formation on Arabidopsis stem segments. *Journal of Experimental Botany*, 56(418), 2095–2105.
<https://www.doi.org/10.1093/jxb/eri208>
 57. M., G., M., K., & S., R. M. (2013). Effects of Different Auxin (IBA) Concentrations and Planting-Beds on Rooting Grape Cuttings (*Vitis vinifera*).
 58. M., I. S., & S., H. (2007). EFFECT OF INDOLE BUTYRIC ACID AND TYPES OF CUTTINGS ON ROOT INITIATION OF FICUS HAWAII.
 59. M., Karimiyani, M., D., & I., K. (2013). Improving the Rooting Capacity of Stem Cuttings of *Schefflera arboricola*, *Ficus benjamina* and *Syringa amurensis* by Influenced different Concentrations of Indole-3-Butyric Acid (IBA).
 60. M., Kelen, G., O., & Ziraat, F. (2003). Relationships Between Rooting Ability and Changes of Endogenous IAA and ABA During the Rooting of Hardwood Cuttings of some Grapevine Rootstocks.
 61. M., M., & B., B. (2009). Effect of indolebutyric acid on root regeneration and seedling survival after transplanting of three *Pistacia* species.
 62. M., P., M., Z., M., S., K., W., & M., S. (2007). Effect of indolebutyric acid (IBA) and planting times on the growth and rooting of peach cuttings.
 63. M., T., & H., T. (1982). Influence relative de la BAP et de l'IBA sur la néoformation de bourgeons et de racines sur les plantules du *Biota orientalis* (Cupressacées). <https://www.doi.org/10.1111/J.1399-3054.1982.TB04909.X>
 64. Marth, P. C., Audia, W. V., & Mitchell, J. W. (1956). Effects of Gibberellic Acid on Growth and Development of Plants of Various Genera and Species. *Botanical Gazette*, 118(2), 106–111. <https://www.doi.org/10.1086/335932>
 65. Mazzoni-Putman, S. M., Brumos, J., Zhao, C., Alonso, J. M., & Stepanova, A. N. (2021). 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. Melkamu, A., Tadele, Y., & G., A. (2015). Effects of Indole Butyric Acid (IBA) and Stem Cuttings on Growth of Stemming-Propagated Rose in Bahir Dar, Ethiopia.
 67. Mudge, K. W., & Swanson, B. T. (1978). Effect of Ethephon, Indole Butyric Acid, and Treatment Solution pH on Rooting and on Ethylene Levels within Mung Bean Cuttings. *Plant Physiology*, 61(2), 271–273.
<https://www.doi.org/10.1104/pp.61.2.271>
 68. Nahlawi, N., & Howard, B. H. (1972). Rooting response of plum hardwood cuttings to IBA in relation to treatment duration and cutting moisture content. *Journal of Horticultural Science*, 47(3), 301–307.
<https://www.doi.org/10.1080/00221589.1972.11514471>
 69. Nazir, I., Dutt, V., Raj, A., Bhat, G. M., Bhat, B. A., & Wani, A. A. (2020). Effect of IBA concentrations on rooting and growth of *Ulmus wallichiana* Planchon stem cuttings under temperate conditions of Kashmir. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 9(5), 2446–2449. <https://www.doi.org/10.22271/phyto.2020.v9.i5ah.12711>
 70. Neerja, S., & B., S. (2011). Effect of different concentrations of indole butyric acid (IBA) on sprouting, rooting and callusing potential of *Bougainvillea* stem cuttings.
 71. P., K., R., D., S., R., N., S., & H., J. (2008). Performance of Large Scale Farming in Sericulture – An Economic Analysis.
 72. Pacholczak, A., Nowakowska, K., Mika, N., & Borkowska, M. (2016). The effect of the biostimulator Goteo on the rooting of ninebark stem cuttings. *Folia Horticulturae*, 28(2), 109–116. <https://www.doi.org/10.1515/fhort-2016-0013>
 73. Pandey, P., Maurya, M., & Singh, R. P. (2024). An economic analysis of onion production in Nalanda district of Bihar, India. *International Journal of Agriculture Extension and Social Development*, 7(5), 331–334.
<https://www.doi.org/10.33545/26180723.2024.v7.i5e.626>
 74. Patway, S. K., & Ramchandra. (2024). An Economic Analysis of Broiler Production in Bhagalpur District of Bihar, India. *Journal of Experimental Agriculture International*, 46(7), 442–447.
<https://www.doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i72598>
 75. Pedersen, S. M., Medici, M., Anken, T., Tohidloo, G., Pedersen, M. F., Carli, G., ... Fountas, S. (n.d.). Financial and environmental performance of integrated precision farming systems. https://www.doi.org/10.3920/978-90-8686-888-9_103

76. Peleg, Z., & Blumwald, E. (2011). Hormone balance and abiotic stress tolerance in crop plants. *Current Opinion in Plant Biology*, 14(3), 290–295. <https://www.doi.org/10.1016/j.pbi.2011.02.001>
77. Prince, Arvind, M., & V., B. (2017). Influence of Indole-3-Butyric Acid on Rooting Efficacy in Different Ca rnation (*Dianthus Caryophyllus L.*) Genotypes under Protected Condit ion.
78. R., A., Khalil-ur-Rahman, M., I., M., I., & Rauf. (2007). EFFECT OF INDOLE BUTYRIC ACID CONCENTRATIONS ON THE ROOTING OF KIWI CU TTINGS.
79. R., S. C., C., C. L., W., T., C., H., C., H., & J., J. (2001). The effect of curing light intensity on the cytotoxicity of a dentin-b onding agent. *Operative Dentistry*.
80. Rafeeq, J., Mughal, A. H., Zaffar, S. N., Dutt, V., Ahmad, K., & Raja, T. (2020). Effect of IBA on rooting and growth of *Morus alba* shoot cuttings under temperate conditions of Kashmir. *International Journal of Chemical Studies*, 8(4), 3800–3802. <https://www.doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i4av.10239>
81. Rashotte, A. M., Poupart, J., Waddell, C. S., & Muday, G. K. (2003). Transport of the Two Natural Auxins, Indole-3-Butyric Acid and Indole- 3-Acetic Acid, in *Arabidopsis*. *Plant Physiology*, 133(2), 761–772. <https://www.doi.org/10.1104/pp.103.022582>
82. Rathore, J., Sharma, D. G. L., & Chaudhury, D. T. (2020). Effect of different concentrations of IBA on rooting of pomegranate (*P unica granatum L.*) cutting. *International Journal of Chemical Studies*, 8(3), 101–105. <https://www.doi.org/10.22271/chemi.2020.v8.i3b.9210>
83. Raup, P. M. (1969). Economies and Diseconomies of Large-Scale Agriculture. *American Journal of Agricultural Economics*, 51(5), 1274–1283. <https://www.doi.org/10.2307/1238003>
84. References
85. Ribeiro, M. M., Collado, L. M., & Antunes, M. A. (2010). THE INFLUENCE OF INDOLE-3-BUTYRIC-ACID IN PRUNUS LAUROCERASUS VEGETATI VE PROPAGATION. *Acta Horticulturae*, (885), 277–283. <https://www.doi.org/10.17660/actahortic.2010.885.38>
86. Rossa, Ü. B., Winckler, P. R., Winckler Filho, P. R., Westphalen, D. J., & Gaspar, R. G. B. (2019). Cuttings of *Euphorbia phosphorea* Mart and *Euphorbia enterophora* Drake at different concentrations of indole-butyric acid and analysis of eco nomic viability. *Ornamental Horticulture*, 25(3), 314–323. <https://www.doi.org/10.1590/2447-536x.v25i3.1985>
87. Rugayah, R., Itha, A., & Y., C. G. (2020). PENGARUH KONSENTRASI DAN CARA APLIKASI IBA (INDOLE BUTIRIC ACID) TERHA DAP PERTUMBUHAN BIBIT NANAS (*Ananas comosus [L.] Merr.*) ASAL TUNAS MAH KOTA. <https://www.doi.org/10.23960/JA.V17I1.4279>
88. Russo, R. O., & Berlyn, G. P. (1991). The Use of Organic Biostimulants to Help Low Input Sustainable Agricul ture. *Journal of Sustainable Agriculture*, 1(2), 19–42. https://www.doi.org/10.1300/j064v01n02_04
89. S., C., W., M., L., P., & P., R. C. (2013). Sinergism among auxins, gibberellins and cytokinins in tomato cv. *Micr o-Tom*. <https://www.doi.org/10.1590/HB.V3I14.28>
90. S., E.-S., Raili, R., & Y., H. (2013). Crossing paths: cytokinin signalling and crosstalk. *Development*. <https://www.doi.org/10.1242/dev.086371>
91. S., W., G., K., D., V., T., A., & W., D. (2012). Plant hormone interactions: innovative targets for crop breeding and m anagement. *Journal of Experimental Botany*. <https://www.doi.org/10.1093/jxb/ers148>
92. San José, M., Romero, L., & Janeiro, L. (2012). Effect of indole-3-butyric acid on root formation in *Alnus glutinosa* m icrocuttings. *Silva Fennica*, 46(5). <https://www.doi.org/10.14214/sf.916>
93. Sanjaya, W. T. A., Kartika, S. Y., Sukmadewi, D. K. T., Widyastuti, R., & Anas, I. (2021). Effect Carrier Materials of Bradyrhizobium sp. strain PZS_A08 on Growt h of *Indigofera zollingeriana*. *JOURNAL OF TROPICAL SOILS*, 26(2), 95–95. <https://www.doi.org/10.5400/jts.2021.v26i2.95-103>
94. Sargent, M. C. (1940). EFFECT OF LIGHT INTENSITY ON THE DEVELOPMENT OF THE PHOTOSYNTHETIC MEC HANISM. *Plant Physiology*, 15(2), 275–290. <https://www.doi.org/10.1104/pp.15.2.275>
95. Shalini, K., & N., S. (2020). A review on effect of IBA and NAA and their combination on the rooting of stem cuttings of different ornamental crops.
96. Šípošová, K., Kollárová, K., Lišková, D., & Vivodová, Z. (2019). The effects of IBA on the composition of maize root cell walls. *Journal of Plant Physiology*, 239, 10–17. <https://www.doi.org/10.1016/j.jplph.2019.04.004>
97. Smith, D. R., & Thorpe, T. A. (1975). Root Initiation in Cuttings of *Pinus radiata* Seedlings. *Journal of Experimental Botany*, 26(2), 193–202. <https://www.doi.org/10.1093/jxb/26.2.193>
98. Starbuck, C. J., & Preczewski, J. L. (1986). Effect of Root-Applied IBA on Root and Shoot Growth of Dwarf Peach Tre es. *Journal of Environmental Horticulture*, 4(3), 80–82. <https://www.doi.org/10.24266/0738-2898-4.3.80>
99. Strader, L. C., & Bartel, B. (2011). Transport and Metabolism of the Endogenous Auxin Precursor Indole-3-Bu tyric Acid. *Molecular Plant*, 4(3), 477–486. <https://www.doi.org/10.1093/mp/ssr006>
100. V., S., V., S., Sidhu, & H., S. K. (2010). *Broiler Production in Punjab — An Economic Analysis*.
101. Vamerali, T., Bandiera, M., Hartley, W., Carletti, P., & Mosca, G. (2011). Assisted phytoremediation of mixed metal(loid)-polluted pyrite waste: Effects of foliar and substrate IBA application on fodder radish. *Chemosphere*, 84(2), 213–219. <https://www.doi.org/10.1016/j.chemosphere.2011.04.052>
102. van der Krieken, W. M., Breteler, H., Visser, M. H. M., & Jordi, W. (1992). Effect of light and riboflavin on indolebutyric acid-induced root form ation on apple in vitro. *Physiologia Plantarum*, 85(4), 589–594. <https://www.doi.org/10.1111/j.1399-3054.1992.tb04759.x>
103. Veierskov, B., & Andersem, A. S. (1982). Dynamics of extractable carbohydrates in *Pisum sativum*. III. Th e effect of IAA and temperature on content and translocation of carboh ydrates in pea cuttings during rooting. *Physiologia Plantarum*, 55(2), 179–182. <https://www.doi.org/10.1111/j.1399-3054.1982.tb02283.x>

104. Velocchia, A., Fattorini, L., Della Rovere, F., Sofo, A., D'Angeli, S., Betti, C., ... Altamura, M. M. (2016). Ethylene and auxin interaction in the control of adventitious rooting in *Arabidopsis thaliana*. *Journal of Experimental Botany*, 67(22), 6445–6458. <https://www.doi.org/10.1093/jxb/erw415>
105. Wahyuni, S., Sinniah, U. R., Yusop, M. K., & Amarthalingam, R. (2016). IMPROVEMENT OF SEEDLING ESTABLISHMENT OF WET SEEDED RICE USING GA3 AND IBA AS SEED TREATMENT. *Indonesian Journal of Agricultural Science*, 4(2), 56–56. <https://www.doi.org/10.21082/ijas.v4n2.2003.p56-62>
106. Wang, Y. H., & Irving, H. R. (2011). Developing a model of plant hormone interactions. *Plant Signaling & Behavior*, 6(4), 494–500. <https://www.doi.org/10.4161/psb.6.4.14558>
107. Whitefield, M., O'Kane, C. J. A., & Anderson, S. (2002). Comparative efficacy of a proprietary topical ibuprofen gel and oral ibuprofen in acute soft tissue injuries: a randomized, double-blind study*. *Journal of Clinical Pharmacy and Therapeutics*, 27(6), 409–417. <https://www.doi.org/10.1046/j.1365-2710.2002.00439.x>
108. Wiesman, Z., & Riov, J. (1994). Interaction of paclobutrazol and indole-3-butyric acid in relation to rooting of mung bean (*Vigna radiata*) cuttings. *Physiologia Plantarum*, 92(4), 608–612. <https://www.doi.org/10.1111/j.1399-3054.1994.tb03030.x>
109. Wiesman, Zeev, Riov, J., & Epstein, E. (1988). Comparison of movement and metabolism of indole-3-acetic acid and indole-3-butyric acid in mung bean cuttings. *Physiologia Plantarum*, 74(3), 556–560. <https://www.doi.org/10.1111/j.1399-3054.1988.tb02018.x>
110. Wiesman, Zeev, Riov, J., & Epstein, E. (1989). Characterization and Rooting Ability of Indole-3-Butyric Acid Conjugates Formed during Rooting of Mung Bean Cuttings. *Plant Physiology*, 91(3), 1080–1084. <https://www.doi.org/10.1104/pp.91.3.1080>
111. Wijesingha, S., Walpola, B. C., Kang, Y.-G., Yoon, M.-H., & Oh, T.-K. (2023). Practical significance of plant growth-promoting rhizobacteria in sustainable agriculture: a review. *Korean Journal of Agricultural Science*, 50(4), 759–771. <https://www.doi.org/10.7744/kjoas.500414>
112. Woodward, A. W. (2005). Auxin: Regulation, Action, and Interaction. *Annals of Botany*, 95(5), 707–735. <https://www.doi.org/10.1093/aob/mci083>
113. Yu, S., Yu-Bo, L., & Xiansheng, Z. (2011). Auxin–Cytokinin Interaction Regulates Meristem Development. *Molecular Plant*. <https://www.doi.org/10.1093/mp/ssr007>