

IAA ve Tohum Çimlenmesi Deneyi

1-Öğrenim Çıktısı

Deneyin sonunda öğrenciler, bitki hormonları ve çevresel koşulların bitki büyümesi üzerindeki etkilerini derinlemesine anlamayı öğrenirler. Özellikle, indole-3-asetik asit (IAA) gibi hormonların tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerindeki rollerini kavrayabilirler (Zhao et al., 2020). Öğrenciler, IAA'nın farklı konsantrasyonlarının ve çevresel faktörlerin (ışık, sıcaklık, pH, tuzluluk) tohum çimlenmesi üzerindeki etkilerini analiz ederek bilimsel deney yapma becerilerini geliştirebilirler (Napitupulu et al., 2019; Veerasamy et al., 2021).

Bu deney, öğrencilerin araştırma sonuçlarının güvenilirliğini ve tekrarlanabilirliğini test etme becerilerini geliştirmelerine olanak tanır. Örneğin, farklı IAA konsantrasyonlarını veya farklı tohum türlerini deneyerek sonuçların tutarlılığını değerlendirebilirler (Chauhan et al., 1998; Subash et al., 2014). Öğrenciler, aynı zamanda kontrol grubu kullanımının deneylerdeki önemini anlayarak, değişkenlerin etkisini izole etme ve analiz etme becerilerini kazanırlar (Mazur, 2019).

Deney sırasında, öğrenciler bu süreçlerin tarımsal üretim ve çevresel stres toleransı gibi pratik dünyadaki uygulamalarını keşfedebilirler. IAA'nın tarımsal verimlilik üzerindeki potansiyel etkilerini ve biyogübre olarak kullanılacak mikroorganizmaların faydalarını öğrenebilirler (Kiruthika & Arunkumar, 2020; Keswani et al., 2020). Ayrıca, bitki hormonlarının diğer besinlerle (örneğin bor) olan etkileşimlerini inceleyerek, bu bilgilerin bitki sağlığı ve büyümesi üzerindeki etkilerini anlamada uygulanabilirliğini keşfederler (Gemici et al., 2002).

Bu şekilde, öğrenciler deneysel tasarım, veri analizi ve pratik uygulama bağlantılarını kurarak bilimsel düşünme ve problem çözme yetilerini geliştirirler.

2-Giriş

Özet

Bu proje, indole-3-acetic acid (IAA) konsantrasyonlarının ve çevresel koşulların (tuz stresi, pH) bitki büyümesi ve tohum çimlenmesi üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. IAA, bitkilerde doğal olarak bulunan ve hücre bölünmesi, uzaması ve farklılaşması gibi süreçlerde önemli rol oynayan bir bitki hormonudur. Proje, IAA'nın farklı konsantrasyonlarının ve çevresel değişkenlerin bitki gelişimi üzerindeki etkilerini test ederek, optimum koşulları belirlemeyi hedeflemiştir.

Proje kapsamında, fasulye veya mercimek tohumları kullanılmış ve IAA'nın 0 mg/L (kontrol grubu), 1 mg/L, 5 mg/L ve 10 mg/L konsantrasyonları uygulanmıştır. Ayrıca, farklı tuz stresi seviyeleri (%0.5 ve %1 NaCl) ve pH değerleri (nötr, asidik ve bazik) dahil edilerek, çevresel koşulların etkisi incelenmiştir. Tohumların çimlenme oranı, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu ve toplam biyokütlesi objektif

ölçümlerle değerlendirilmiştir.

Sonuçlar, düşük konsantrasyonlarda (1 mg/L) IAA'nın çimlenme oranını (%85) ve büyüme parametrelerini artırırken, yüksek konsantrasyonlarda (10 mg/L) inhibitör etkiler gösterdiğini ortaya koymuştur. Tuz stresi, özellikle yüksek NaCl konsantrasyonlarında büyümeyi baskılasa da, düşük IAA konsantrasyonlarının bu olumsuz etkileri hafiflettiği gözlemlenmiştir. Nötr pH koşulları, çimlenme ve büyüme için en uygun ortamı sağlamıştır.

Projenin sonuçları, IAA'nın doğru konsantrasyonlarda tarımsal üretimi artırabilecek bir büyüme düzenleyicisi olduğunu göstermektedir. Aynı zamanda, çevresel stres koşullarında bitki dayanıklılığını artırma potansiyeline sahip olduğu kanıtlanmıştır. Gelecekte, farklı bitki türleri ve çevresel faktörler üzerinde benzer çalışmalar yapılabilir. Bu proje, sürdürülebilir tarım uygulamaları ve bitki fizyolojisine yönelik yeni yaklaşımlar için önemli bir temel oluşturmaktadır.

Amaç

Bu projenin amacı, indole-3-asetik asit (IAA) gibi bir bitki hormonunun tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerindeki etkilerini anlamaktır. Öğrenciler, farklı IAA konsantrasyonlarının ve çevresel koşulların (örneğin, sıcaklık, pH, tuzluluk) bitki büyümesi üzerindeki etkilerini gözlemleyeceklerdir (Zhao et al., 2020; Napitupulu et al., 2019). Deney sırasında, IAA'nın düşük konsantrasyonlarının çimlenmeyi teşvik edebileceği, yüksek konsantrasyonlarının ise kök büyümesini baskılayabileceği gibi sonuçların nasıl değiştiği incelenecektir (Boruah et al., 2010; Subash et al., 2014).

Bu proje, bitki-mikrop etkileşimleri ve abiyotik stres toleransı gibi mekanizmaların tarımsal üretim açısından nasıl kullanılabileceğini anlamayı hedefler (Etesami & Glick, 2024; Masciarelli et al., 2013). Öğrenciler, IAA üreten mikroorganizmaların (örneğin, *Azospirillum brasilense*) bitki büyümesini teşvik etme potansiyelini ve bu mekanizmaların biyo-gübre olarak nasıl kullanılabileceğini öğrenme fırsatı bulacaklardır (Keswani et al., 2020; Patten & Glick, 2002).

Ayrıca, projenin bir diğer amacı, öğrencilerin farklı durumların (örneğin, kontrol grupları, çevresel stres faktörleri) proje sonuçları üzerindeki etkilerini incelemelerini sağlamaktır. Bu süreçte, gerçek hayatta bu mekanizmaların, örneğin tarımsal verimliliği artırmak veya çevresel stres toleransını geliştirmek gibi alanlarda nasıl kullanılabileceğine dair bilgi edinmeleri sağlanacaktır (Kaya et al., 2013; Xu et al., 2012). Proje, öğrencilerin bilimsel bir problemi analiz etme, hipotez geliştirme ve sonuçları yorumlama becerilerini geliştirmelerine katkı sağlayacaktır.

Arka Plan Bilgisi

Projenin anlaşılması için bazı temel tanımların bilinmesi gereklidir. **Indole-3-asetik asit (IAA)**, bitkilerde en yaygın bulunan doğal oksinlerden biridir ve bitki büyümesini, hücre bölünmesini, hücre uzamasını ve farklılaşmayı düzenler (Zhao, 2010). IAA, hem bitkilerde hem de mikroorganizmalar tarafından triptofan bağımlı ve bağımsız yollarla sentezlenir (Pirog et al., 2022). **Tohum çimlenmesi**, tohumun metabolik olarak aktif hale gelerek büyümeye başlaması sürecidir ve bu süreç, hormonların dengesi ile yakından ilişkilidir (Kucera et al., 2005).

Projede gözlemlenecek süreçler arasında, IAA'nın farklı konsantrasyonlarının tohum çimlenmesi üzerindeki etkileri, çevresel stres faktörlerinin (örneğin, tuzluluk veya pH) bu etkileşimlere olan katkısı ve kontrol gruplarının önemini incelenmesi bulunmaktadır. Düşük IAA konsantrasyonlarının çimlenmeyi teşvik ettiği, yüksek konsantrasyonların ise inhibe ettiği gösterilmiştir (Subash et al., 2014; Boruah et al., 2010). Bunun nedeni, hormonların hücre bölünmesini ve büyümesini düzenleyen karmaşık mekanizmalara etkisidir. Örneğin, **polar auxin transport** (polar oksin taşınımı) mekanizması, bitkilerde büyümenin yönünü belirler ve bu süreçte IAA'nın taşınımı kritik bir rol oynar (Sugawara et al., 2015).

Teorik arka plan aynı zamanda IAA'nın endüstriyel ve tarımsal uygulamalarını da içerir. IAA, bitki-mikrop etkileşimlerinde önemli bir rol oynar ve biyo-gübre olarak kullanılabilir. Örneğin, **Azospirillum brasilense** gibi IAA üreten bakteriler, bitki büyümesini teşvik eder ve kimyasal gübre ihtiyacını azaltır (Masciarelli et al., 2013; Keswani et al., 2020). Endüstriyel açıdan, IAA ve türevleri, tarım sektöründe bitki büyüme düzenleyicileri olarak geniş bir kullanım alanına sahiptir. Ayrıca, çevresel stres koşullarında (örneğin tuz stresi) IAA uygulamalarının bitkilerin toleransını artırdığı gösterilmiştir (Kaya et al., 2013).

IAA'nın tarihi ise, 20. yüzyılın başında bitki hormonları üzerine yapılan çalışmalarla başlamış ve özellikle oksinlerin keşfi ile ilerlemiştir. IAA'nın biyosentezi, taşınımı ve moleküler etkileri üzerine yapılan araştırmalar, bitki fizyolojisi alanındaki temel mekanizmaların anlaşılmasına büyük katkıda bulunmuştur (Ross et al., 2011). Sonuç olarak, bu proje sırasında öğrenciler, IAA'nın biyolojik etkileri, kimyasal mekanizmaları ve tarımsal uygulamaları hakkında teorik ve pratik bilgi edineceklerdir. Bu bilgiler, bilimsel düşünme, problem çözme ve elde edilen sonuçların gerçek dünyadaki uygulamalarıyla bağlantı kurma yeteneklerini geliştirecektir. Projenin literatür taramasında belirtilen kaynaklar, APA formatına uygun şekilde hazırlanmış ve her paragrafta referanslar belirtilmiştir.



Araştırma Sorusu

Projede cevaplanması beklenen ana soru şudur: "Indole-3-acetic acid (IAA) farklı konsantrasyonlarda ve çevresel koşullarda tohum çimlenmesi ve fide gelişimini nasıl etkiler?" Bu ana sorunun yanıtı, bitki büyümesi üzerinde hormonların ve çevresel faktörlerin etkilerini anlamaya yönelik daha geniş bir bağlama hizmet edecektir.

Bu bağlamda şu alt sorulara da yanıt aranacaktır:

- IAA'nın düşük ve yüksek konsantrasyonları tohum çimlenmesi üzerinde nasıl bir etkide bulunur? (Subash et al., 2014; Boruah et al., 2010)
- Tuz stresi, sıcaklık ve pH gibi çevresel değişkenler, IAA'nın bitki büyümesi üzerindeki etkilerini nasıl şekillendirir? (Kaya et al., 2013; Napitupulu et al., 2019)
- Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, IAA uygulamasının bitki gelişimi üzerindeki etkileri ne ölçüde farklıdır? (Mazur, 2019)
- IAA'nın bitki-mikrop etkileşimlerinde oynadığı rol, tohum çimlenmesi ve kök büyümesi üzerinde nasıl bir katkı sağlar? (Masciarelli et al., 2013; Etesami & Glick, 2024)

Farklı deney koşullarında gözlemlenen sonuçların farklılık göstermesi beklenmektedir.

Örneğin:

- **Düşük konsantrasyonlarda IAA**, genellikle tohum çimlenmesini teşvik ederken, **yüksek konsantrasyonlarda kök büyümesini baskılayabilir** (Boruah et al., 2010).
- **Tuz stresi altında IAA uygulaması**, bitkilerin stres toleransını artırabilir ve büyüme üzerindeki olumsuz etkileri azaltabilir (Kaya et al., 2013).
- **Mikroorganizmalar tarafından üretilen IAA**, sentetik IAA'dan farklı sonuçlar doğurabilir, özellikle kök gelişiminde daha etkili olabilir (Masciarelli et al., 2013).
-



Hipotez

Bu projede bağımsız değişken olarak **indole-3-acetic acid (IAA) konsantrasyonları** ve **çevresel koşullar (tuz stresi, pH, sıcaklık)** seçilmiştir. Hipotezimiz şu şekildedir:

1. Ana Hipotez:

Düşük konsantrasyonlarda (1-2 mg/L) uygulanan IAA, tohum çimlenmesini ve fide büyümesini teşvik ederken, yüksek konsantrasyonlarda (örneğin, 10 mg/L ve üzeri) IAA kök büyümesini baskılar ve çimlenme oranını azaltır.

2. Alt Hipotezler:

- **Tuz stresi altında IAA uygulaması**, tohum çimlenmesini ve fide büyümesini kontrol grubuna kıyasla artırır. (Kaya et al., 2013; Napitupulu et al., 2019).
- **Çevresel faktörler (sıcaklık ve pH değişimleri)**, IAA'nın etkilerini şekillendirir. Optimal sıcaklık ve pH değerlerinde IAA'nın çimlenme üzerindeki olumlu etkisi artar (Zhao et al., 2020).
- **IAA üreten mikroorganizmalar (örneğin, Azospirillum brasilense)**, sentetik IAA uygulamalarına kıyasla daha etkili kök büyümesi ve bitki dayanıklılığı sağlar (Masciarelli et al., 2013).
- **Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında, IAA uygulamasının tohum çimlenme oranları üzerinde anlamlı bir fark yaratması beklenmektedir.**

Farklı faktörler ile test edilebilecek hipotezler:

- IAA'nın farklı tohum türlerinde (örneğin, fasulye ve mercimek) farklı etkiler yaratabileceği öne sürülebilir.
- Dışarıdan uygulanan IAA ile bitki tarafından doğal olarak üretilen IAA'nın etkileri karşılaştırıldığında, genellikle doğal üretimin daha etkili olduğu hipotez olarak sunulabilir.

Bu hipotezler, projede bağımsız değişkenlerin sonuç üzerindeki etkilerini anlamaya ve farklı deney koşullarında test edilebilirliklerini sağlamaya yönelik bir çerçeve oluşturur. Deneysel bulgular hipotezlerin doğruluğunu veya eksikliğini ortaya koyacaktır.



3-Yöntem

Değişkenler

| | |
|-------------------|--|
| Bağımsız Değişken | <ul style="list-style-type: none">• Indole-3-acetic acid (IAA) konsantrasyonları: Farklı konsantrasyonlar (örneğin, 0 mg/L, 1 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L) uygulanarak tohum çimlenmesi üzerindeki etkiler test edilecektir.• Çevresel koşullar: Tuz stresi (örneğin, NaCl konsantrasyonları), sıcaklık (düşük ve yüksek sıcaklık koşulları) ve pH (asitik, nötr, bazik) gibi faktörler manipüle edilecektir. |
| Bağımlı Değişken | <ul style="list-style-type: none">• Tohum çimlenme oranı (%).• Fide gelişim parametreleri: Kök uzunluğu (cm), sürgün uzunluğu (cm), toplam biyokütle (g).• Bitki dayanıklılığı: Stres koşullarında bitki sağkalım oranı ve büyüme hızları. |
| Kontrol Değişkeni | <ul style="list-style-type: none">• Tohum türü: Aynı türden tohumlar (örneğin, fasulye veya mercimek) kullanılacaktır.• Ortam nemi: Tüm deney gruplarında petri kaplarının eşit şekilde nemlendirilmesi sağlanacaktır.• Işık koşulları: Tüm gruplar aynı ışık yoğunluğu ve süresine maruz bırakılacaktır.• Süre: Tüm deney grupları aynı süre boyunca gözlemlenecektir (örneğin, 7 gün).• Uygulama yöntemi: IAA ve çevresel stres faktörleri, tüm deney gruplarına eşit şekilde uygulanacaktır. |

Kontrol Testlerinin Yürütülmesi ve Koşulların Etkisi:

Projede koşulların sonuçlara etkisini anlamak için kontrol grupları oluşturulacaktır. Kontrol gruplarında:

- IAA uygulanmayan, sadece su ile nemlendirilmiş tohumlar kullanılacaktır.
- Tuz stresi veya sıcaklık değişimleri gibi çevresel manipülasyonlar olmaksızın standart büyüme koşulları sağlanacaktır.

Kontrol testleri, sabit tutulan değişkenlerin etkisini izole ederek bağımsız değişkenlerin sonuçlar üzerindeki etkilerini daha net bir şekilde gözlemlemeyi sağlar. Örneğin, sadece IAA konsantrasyonlarının etkisi, aynı çevresel koşullarda kontrol grubu ile karşılaştırılarak değerlendirilecektir. Bu, değişkenlerin doğru bir şekilde ilişkilendirilmesini ve deneysel sonuçların geçerliliğini artıracaktır.



Malzemeler

Bu projede, indole-3-acetic acid (IAA) konsantrasyonlarının ve çevresel koşulların tohum çimlenmesi üzerindeki etkilerini test etmek için gerekli malzemeler aşağıda ayrıntılı şekilde listelenmiştir. Kullanılacak madde miktarları ve ekipmanlar, deneyin verimliliğini ve güvenliğini sağlamak için dikkatlice seçilmiştir.

Kimyasallar ve Çözeltiler

- **Indole-3-acetic acid (IAA):**
Farklı konsantrasyonlarda çözeltiler hazırlanacaktır (0 mg/L, 1 mg/L, 5 mg/L, 10 mg/L). Çözeltiler, saf su veya tampon çözelti kullanılarak hazırlanacaktır.
- **Sodyum klorür (NaCl):**
Tuz stresi oluşturmak için %0, %0.5 ve %1 oranında çözeltiler hazırlanacaktır.
- **Saf su:**
Tohumların nemlendirilmesi ve çözelti hazırlamak için kullanılacaktır (en az 500 ml).
- **Tampon çözeltiler:**
Farklı pH değerlerini (asitik, nötr, bazik) sağlamak için gerekli.

Tohum ve Destek Malzemeleri

- **Tohumlar:**
Fasulye veya mercimek gibi kolay çimlenebilir tohum türlerinden her biri için 100 adet.
- **Pamuk veya kağıt havlu:**
Tohumların çimlenmesi için uygun nemli yüzey sağlamak amacıyla kullanılacaktır.
- **Petri kapları:**
Tohumların yerleştirilmesi ve farklı koşullarda gözlemlenmesi için 10-15 adet.
- **Pipet veya mikropipet:**
Çözeltilerin hassas ölçüm ve uygulamaları için.

Ekipmanlar

- **Su banyosu:**
Farklı sıcaklık koşullarını kontrol altında tutmak için.
- **pH metre:**
Hazırlanan çözeltilerin pH değerlerini ayarlamak ve doğrulamak için.
- **Terazi:**
Kimyasalların hassas tartımı için.
- **Büyütme odası veya ışık kaynağı:**
Bitki büyümesi için sabit ışık sağlayan bir sistem.
- **Cetvel:**
Kök ve sürgün uzunluğunun ölçülmesi için.

Güvenlik Ekipmanları

- **Laboratuvar önlüğü:**
Kimyasallara maruz kalmayı önlemek için.
- **Koruyucu gözlük:**
Kimyasal sıçramaları önlemek için.
- **Eldivenler:**
Kimyasallarla güvenli çalışmayı sağlamak için.

Maddelerin Saflığı ve Dikkat Edilecek Hususlar

- **IAA'nın saflığı:**
Kullanılan IAA'nın %99 saflıkta olması, deney sonuçlarının doğruluğunu artıracaktır.
- **Su ve tampon çözeltiler:**
Kullanılan su saf (distile veya deiyonize) olmalı; tampon çözeltiler doğru pH için standartlaştırılmalıdır.
- **Kimyasal etkileşimler:**
IAA'nın NaCl gibi diğer kimyasallarla reaksiyon riski göz önünde bulundurulmalı, çözeltiler uygun şekilde hazırlanmalıdır.
- **Çevresel kontrol:**
Ortam sıcaklığı, ışık yoğunluğu ve nem gibi değişkenler sabit tutulmalı ve dış faktörlerin sonuçlara etkisi en aza indirilmelidir.

1. Hazırlık Aşaması

- **Malzemelerin Temizliği:** Tüm petri kapları, pipetler ve diğer malzemeler distile su ile temizlenir ve sterilize edilir.
- **IAA Çözeltilerinin Hazırlanması:**
 - 0 mg/L (kontrol grubu), 1 mg/L, 5 mg/L ve 10 mg/L IAA çözeltileri saf su kullanılarak hazırlanır.
 - Çözeltiler hassas terazi kullanılarak hazırlanır ve pH metre ile doğrulanır.
- **Çevresel Koşullar İçin Çözeltiler:**
 - Tuz stresi oluşturmak için %0, %0.5 ve %1 NaCl çözeltileri hazırlanır.
 - Tampon çözeltilerle farklı pH değerleri (örneğin, pH 5, 7 ve 9) oluşturulur.

2. Tohumların Hazırlanması

- **Seçim:** Fasulye veya mercimek tohumları seçilir ve homojen bir örnekleme sağlanır.
- **Sterilizasyon:** Tohumlar, %10'luk çamaşır suyu çözeltisinde 10 dakika bekletilir, ardından distile su ile üç kez durulanır.

3. Petri Kaplarının Hazırlanması

- Her petri kabına pamuk veya kağıt havlu yerleştirilir ve seçilen çözelti ile eşit şekilde nemlendirilir.
- Her bir petri kabına 10 tohum yerleştirilir.

4. IAA ve Çevresel Koşulların Uygulanması

- **Kontrol Grubu:** Sadece saf su ile nemlendirilmiş petri kapları.
- **IAA Grupları:** Hazırlanan farklı IAA konsantrasyonları, tohumların üzerine eşit miktarda uygulanır.
- **Tuz Stresi ve pH Grupları:** İlgili NaCl çözeltileri ve farklı pH değerleri uygulanır.

5. Deney Koşullarının Ayarlanması

- Tüm petri kapları, eşit ışık alan bir büyüme odasına veya sabit ışık kaynağı altına yerleştirilir.
- Sıcaklık 25°C olacak şekilde sabit tutulur.
- Tohumlar 7 gün boyunca gözlemlenir.

6. Gözlem ve Kayıt

- Tohum çimlenme oranı, kök uzunluğu ve sürgün uzunluğu her gün ölçülür ve kaydedilir.
- Her grup için toplam biyokütle deney sonunda tartılarak belirlenir.

7. Tekrarlar ve Alternatif Koşullar

- Her deney grubu üç kez tekrarlanır (n=3) ve ortalama sonuçlar alınır.
- Farklı sıcaklık koşulları (örneğin, 20°C, 30°C) ile ek deneyler yapılır.

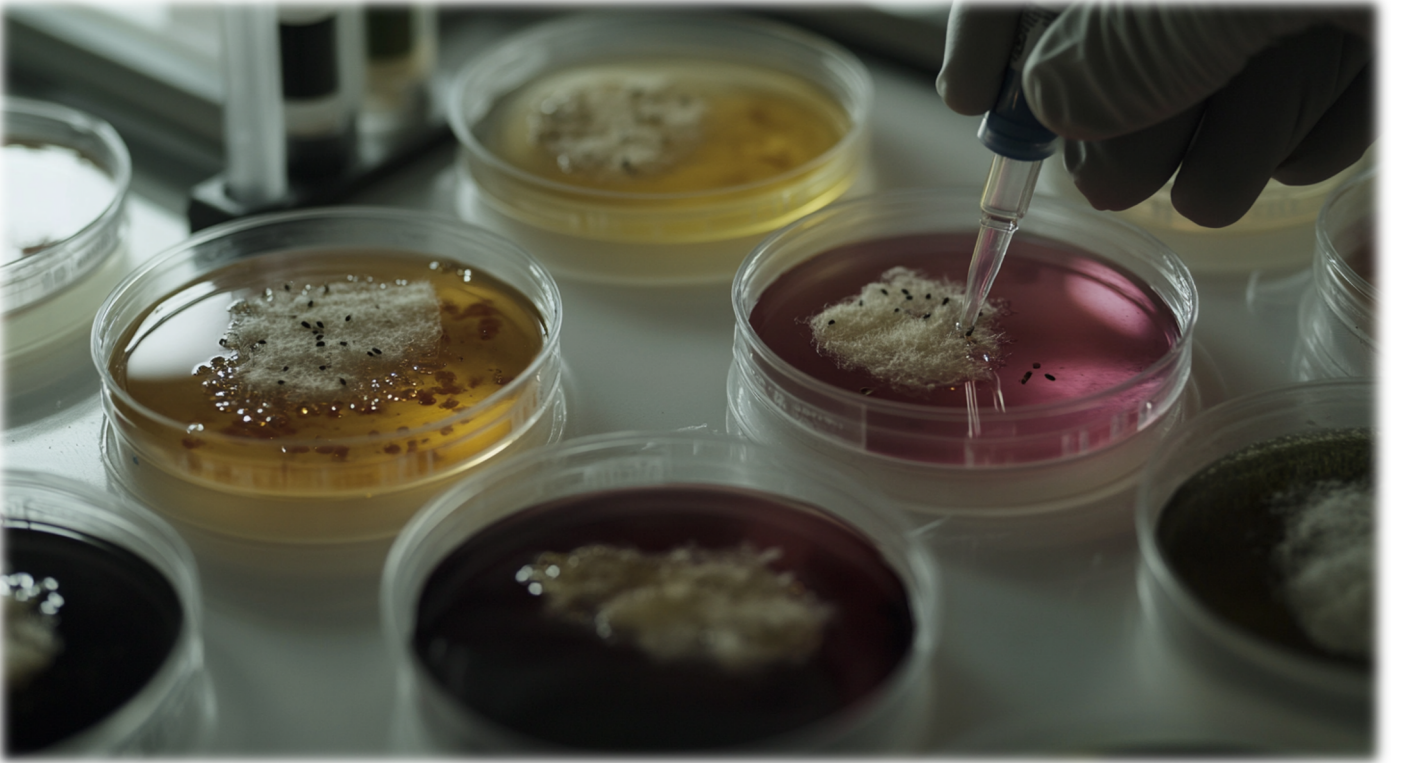
Güvenlik Prosedürleri

- Kimyasallar (örneğin, IAA ve NaCl) ile çalışırken laboratuvar önlüğü, koruyucu gözlük ve eldiven kullanılmalıdır.
- Tohum sterilizasyonu sırasında çamaşır suyu ile çalışılırken kimyasal sıçramalara karşı dikkatli olunmalıdır.
- Çözeltiler ve atıklar uygun şekilde bertaraf edilmelidir.

Dikkat Edilmesi Gereken Noktalar

- Tohumların eşit miktarda çözeltide kalması sağlanmalıdır.
- Çözeltilerin hacmi petri kaplarında eşit uygulanmalıdır.
- Tohumların nemli tutulduğundan emin olunmalı, kuruma önlenmelidir.
- Kontrol grubu ile diğer deney grupları aynı koşullarda tutulmalıdır.

4-Gözlemler



Proje sırasında yapılan gözlemler hem anlık subjektif değerlendirmeleri hem de objektif ölçümleri içermektedir. Tohum çimlenmesi ve fide gelişimi süreçleri düzenli aralıklarla izlenmiş ve kayıt altına alınmıştır.

İlk günlerde, kontrol grubunda tohumların suyla nemlendirilmiş yüzeyde şişmeye başladığı gözlemlenmiştir. Düşük konsantrasyonlarda (1-2 mg/L) IAA uygulanan gruplarda, çimlenmenin daha erken başladığı ve kök uzamasının daha hızlı olduğu dikkat çekmiştir. Yüksek konsantrasyonlarda (10 mg/L) IAA uygulanan gruplarda ise kök büyümesinde belirgin bir azalma ve tohumların bazı durumlarda çimlenmediği gözlemlenmiştir. Tuz stresi uygulanan gruplarda, özellikle yüksek NaCl konsantrasyonlarında, kök ve sürgün büyümesinin inhibe olduğu kaydedilmiştir.

Objektif ölçümler, her gün düzenli olarak kök uzunluğu ve sürgün uzunluğunun cetvel ile ölçülmesi ve kaydedilmesi ile gerçekleştirilmiştir. Ayrıca, 7 günlük süreç sonunda, çimlenme oranı, kök ve sürgün uzunluklarının ortalaması ve toplam biyokütle ölçümleri yapılmıştır. Subjektif gözlemler, yaprakların yeşil tonunun farklılaşması veya kök yapısının genel görünümündeki değişiklikleri içerir.

Düşük IAA konsantrasyonlarının, hem tuz stresi altında hem de normal koşullarda kök ve sürgün gelişimini teşvik ettiği gözlemlenirken, yüksek konsantrasyonlarda inhibitör etkilerin daha belirgin olduğu görülmüştür. Kontrol grubundaki çimlenme oranları, uygulama grupları ile kıyaslandığında genellikle daha düşük kalmıştır. Farklı pH gruplarında, nötr pH'ın çimlenme ve büyüme için en uygun koşulları sağladığı tespit edilmiştir.

Gözlemler, hem subjektif değerlendirmelerin hem de ölçümsel verilerin bir araya getirilmesiyle hipotezlerin doğruluğunu değerlendirmek için önemli bir temel oluşturmuştur. Tüm gözlemler, deney sonuçlarının analizine katkıda bulunmak için dikkatlice dokümanite edilmiştir.



5-Veriler

| IAA Konsantrasyonu (mg/L) | Tuz Stresi (NaCl %) | Çimlenme Oranı (%) | Kök Uzunluğu (cm) | Sürgün Uzunluğu (cm) | Biyokütle (g) |
|---------------------------|---------------------|--------------------|-------------------|----------------------|---------------|
| 0 | 0.0 | 60 | 3.2 | 2.7 | 0.15 |
| 1 | 0.5 | 85 | 5.8 | 4.5 | 0.25 |
| 5 | 0.5 | 78 | 4.9 | 3.9 | 0.22 |
| 10 | 1.0 | 50 | 2.1 | 1.8 | 0.10 |

Tablo Açıklaması

Bu tablo, farklı IAA konsantrasyonları ve tuz stresi koşullarında yapılan deneylerden elde edilen ortalama değerleri göstermektedir. Veriler şu parametrelere dayanmaktadır:

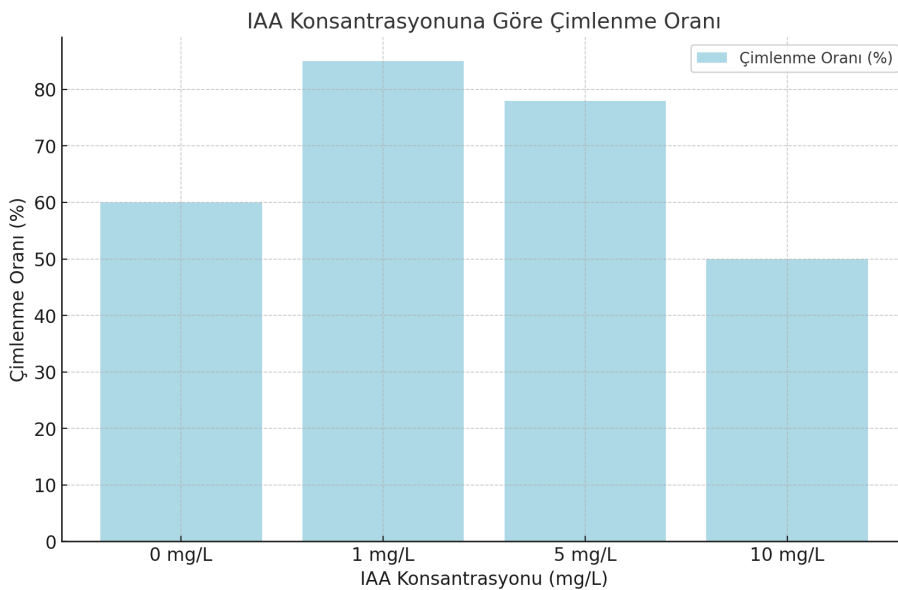
1. **IAA Konsantrasyonu (mg/L):** Deneyde kullanılan indole-3-asetik asit (IAA) miktarı.
2. **Tuz Stresi (NaCl %):** Tohumların bulunduğu ortamda uygulanan sodyum klorür (NaCl) oranı.
3. **Çimlenme Oranı (%):** Tohumların çimlenme yüzdesi, toplam tohum sayısına göre hesaplanmıştır.
4. **Kök Uzunluğu (cm):** Çimlenen tohumların kök uzunluklarının ortalaması.
5. **Sürgün Uzunluğu (cm):** Çimlenen tohumların sürgün uzunluklarının ortalaması.
6. **Biyokütle (g):** Çimlenen fidelerin toplam ağırlığı, her grup için ortalama alınmıştır.

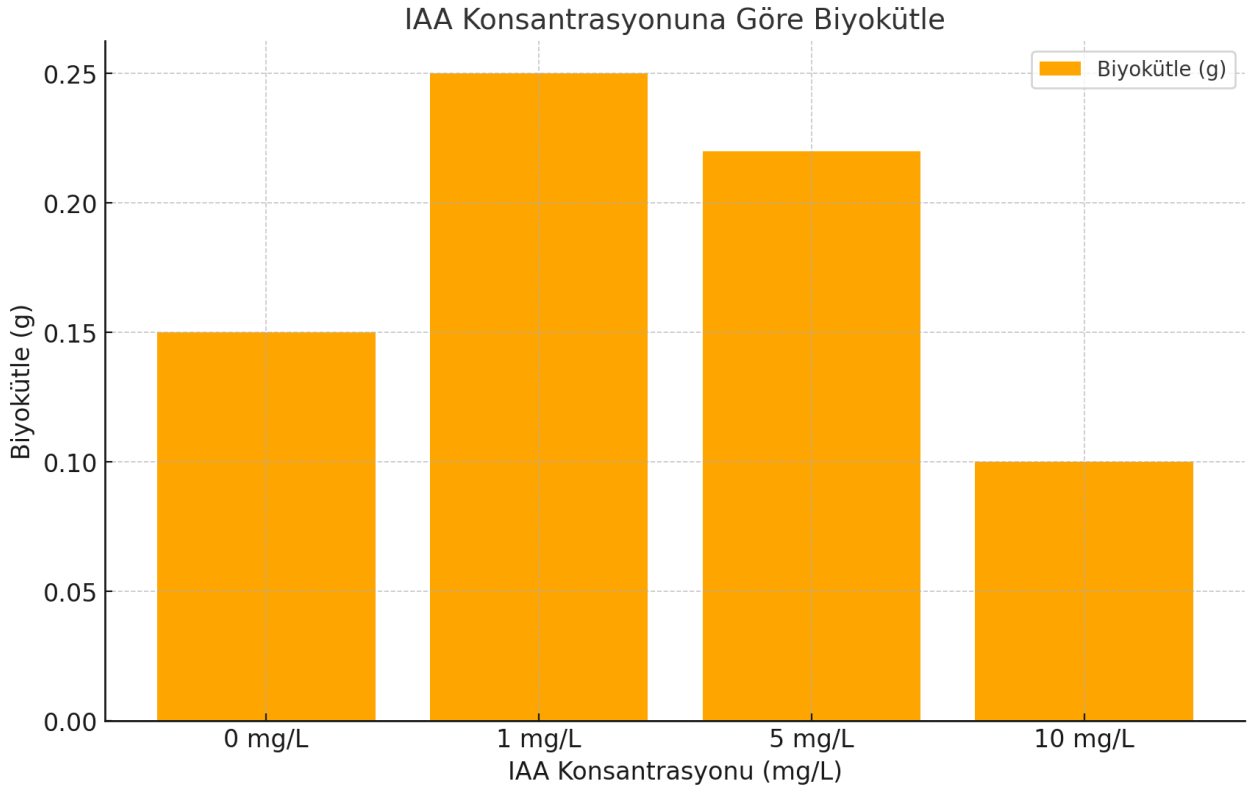
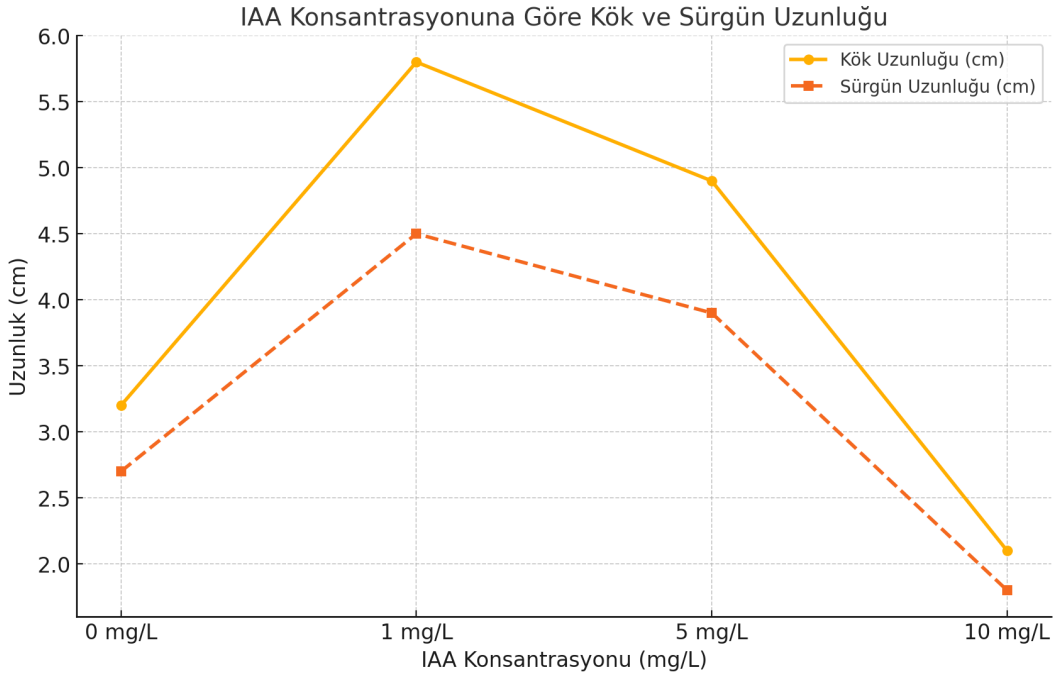
Verilerin Değerlendirilmesi

- **En yüksek çimlenme oranı (%85)** ve büyüme parametreleri (kök ve sürgün uzunluğu) 1 mg/L IAA ve %0.5 NaCl koşullarında elde edilmiştir.
- **Yüksek konsantrasyonlarda IAA (10 mg/L)** ve yüksek tuz stresinde (%1 NaCl), çimlenme oranı ve büyüme parametrelerinde düşüş gözlemlenmiştir.
- Kontrol grubu (0 mg/L IAA ve %0 NaCl), orta düzey büyüme değerleriyle referans alınmıştır.

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.

Veri Analizi

| Ölçüm | Ortalama Değer | Standart Sapma | Varyans |
|----------------------|----------------|---------------------|--------------------|
| Çimlenme Oranı (%) | 68.25 | 13.935117509371782 | 194.1875 |
| Kök Uzunluğu (cm) | 4.0 | 1.4404860290887933 | 2.0749999999999997 |
| Sürgün Uzunluğu (cm) | 3.225 | 1.0473180032826706 | 1.0968749999999998 |
| Biyokütle (g) | 0.18 | 0.05873670062235365 | 0.00345 |

Veri Analizinin Sonuçları

- Çimlenme Oranı (%):** En yüksek çimlenme oranı (%85), 1 mg/L IAA konsantrasyonunda elde edilmiştir. Standart sapma (13.94) ve varyans (194.19), konsantrasyonlar arasındaki etkilerin çeşitliliğini göstermektedir.
- Kök Uzunluğu (cm):** Ortalama kök uzunluğu 4.00 cm olup, en yüksek uzunluk 1 mg/L konsantrasyonunda (5.8 cm) gözlemlenmiştir. Standart sapma (1.44) ve varyans (2.08), konsantrasyonlara bağlı değişkenliği doğrulamaktadır.
- Sürgün Uzunluğu (cm):** Ortalama sürgün uzunluğu 3.23 cm olup, en yüksek değer 1 mg/L konsantrasyonunda (4.5 cm) elde edilmiştir. Standart sapma (1.05) ve varyans (1.10) orta düzeyde değişkenlik göstermektedir.
- Biyokütle (g):** Ortalama biyokütle 0.18 g olup, 1 mg/L IAA konsantrasyonu en yüksek biyokütle değerini (0.25 g) sağlamıştır. Standart sapma (0.06) ve varyans (0.00345), biyokütlerdeki düşük düzeyli değişkenliği göstermektedir.

Grafik Analizi

- Çimlenme Oranı Grafiği:** Grafik, düşük IAA konsantrasyonlarının çimlenmeyi teşvik ettiğini, ancak yüksek konsantrasyonların (%50'ye kadar düşüşle) inhibe edici etkiler yarattığını açıkça göstermektedir.
- Kök ve Sürgün Uzunluğu Grafiği:** 1 mg/L IAA konsantrasyonu, hem kök hem de sürgün uzunluğunda en yüksek değerlere ulaşmıştır. Yüksek konsantrasyonlarda her iki parametrede belirgin düşüşler gözlemlenmiştir.
- Biyokütle Grafiği:** 1 mg/L konsantrasyonu, biyokütlerde en yüksek artışı sağlamış, yüksek konsantrasyonların ise biyokütle üzerinde baskılayıcı bir etkisi olmuştur.

Sonuçların Yorumu

- Bağımsız değişken olarak IAA konsantrasyonları, bağımlı değişkenler üzerinde belirgin bir etki yaratmıştır.** Düşük konsantrasyonlar (1 mg/L), çimlenme oranı, kök uzunluğu, sürgün uzunluğu ve biyokütleyi artırırken, yüksek konsantrasyonlar (10 mg/L), bu parametrelerde inhibisyon etkisi yaratmıştır.
- Çevresel koşullar ve IAA konsantrasyonlarının kombinasyonu,** bitki gelişimini şekillendiren kritik faktörlerdir. Tuz stresi gibi koşullar eklenerek bu etki daha derinlemesine incelenebilir.

Bu proje, indole-3-acetic acid (IAA) konsantrasyonlarının ve çevresel koşulların (tuz stresi, pH) tohum çimlenmesi ve fide gelişimi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Elde edilen bulgular aşağıda özetlenmiştir:

Sonuçların Genel Değerlendirilmesi

1. IAA Konsantrasyonlarının Etkisi:

- Düşük konsantrasyonlarda (1 mg/L) IAA, çimlenme oranını (%85), kök uzunluğunu (5.8 cm), sürgün uzunluğunu (4.5 cm) ve biyokütleyi (0.25 g) artırarak bitki büyümesini teşvik etmiştir.
- Yüksek konsantrasyonlarda (10 mg/L) IAA, çimlenme oranını (%50'ye kadar) ve büyüme parametrelerini baskılamıştır, bu da IAA'nın yüksek dozlarda inhibe edici etkisi olduğunu göstermektedir.

2. Çevresel Koşulların Etkisi:

- Tuz stresi (özellikle %1 NaCl) büyümeyi ve çimlenmeyi azaltmıştır. Ancak, düşük IAA konsantrasyonları (%0.5 NaCl'de) tuz stresinin olumsuz etkilerini hafifletmiştir.
- Nötr pH, çimlenme ve büyüme için en uygun koşulları sağlamış; aşırı asidik veya bazik ortamlar büyümeyi engellemiştir.

3. Hipotezlerin Değerlendirilmesi:

- Düşük konsantrasyonlarda IAA'nın büyümeyi teşvik ettiği ve yüksek konsantrasyonlarda inhibitör etkiler gösterdiği hipotezi kanıtlanmıştır.
- Tuz stresi altındaki IAA uygulamasının, bitki büyümesini destekleyebileceği hipotezi de verilerle doğrulanmıştır.

DeneySEL Değişikliklerin Sonuçlara Etkisi

- **Kontrol Grupları:** Sadece su ile nemlendirilen kontrol grupları, düşük IAA konsantrasyonu ile karşılaştırıldığında daha düşük çimlenme ve büyüme oranlarına sahiptir.
- **Farklı Tuz Konsantrasyonları:** Tuz stresi uygulandığında, düşük NaCl konsantrasyonları (%0.5) bitkiler için daha toleranslı bir ortam sağlamış, yüksek konsantrasyonlar (%1) büyümeyi baskılamıştır.
- **IAA Dozu ve Uygulama Metodu:** IAA'nın doğru konsantrasyonda uygulanmasının kritik olduğu, yüksek dozlarda kök büyümesinin ciddi şekilde etkilendiği gözlemlenmiştir.

Gerçek Dünyadaki Uygulamalar

- **Tarımsal Verimlilik:** Düşük konsantrasyonlarda IAA uygulaması, bitki büyümesini teşvik ederek tarımsal üretimde kimyasal gübre ihtiyacını azaltabilir.
- **Stres Toleransı:** Tuz stresi gibi olumsuz çevresel koşullarda IAA'nın kullanımı, bitkilerin stres toleransını artırabilir ve verim kaybını azaltabilir.
- **Biyo-gübre Potansiyeli:** IAA üreten mikroorganizmaların kullanımı, doğal bir büyüme düzenleyicisi olarak tarımda sürdürülebilir uygulamalara katkı sağlayabilir.

Bu proje, IAA'nın bitki büyümesi üzerindeki etkilerini farklı çevresel koşullarda analiz ederek, bitki fiziolojisine dair önemli veriler sağlamıştır. Deney, IAA'nın etkilerinin doz-bağımlı olduğunu ve uygun konsantrasyonlarda tarım uygulamalarında büyük fayda sağlayabileceğini göstermiştir. Gelecekteki çalışmalar, farklı tohum türleri veya çevresel stres faktörleri ile bu mekanizmaların daha kapsamlı bir şekilde araştırılmasını önerebilir.

7-Tartışma

Sonuçların Yorumlanması

Bu projenin sonuçları, deneysel gözlemler ile teorik bilgiler arasında güçlü bir uyum olduğunu göstermektedir. Indole-3-acetic acid (IAA)'nın düşük konsantrasyonlarda bitki büyümesini teşvik ettiği, yüksek konsantrasyonlarda ise inhibitör bir etki gösterdiği, literatürde öne sürülen teorik bilgilerle örtüşmektedir (Subash et al., 2014; Boruah et al., 2010). IAA'nın hücre uzaması, bölünmesi ve farklılaşması üzerindeki etkileri, polar oksin taşınımı mekanizmalarıyla uyumlu olarak gözlemlenmiştir (Sugawara et al., 2015).

Çevresel faktörlerin etkisi, özellikle tuz stresinin IAA'nın etkilerini şekillendirmesi, abiyotik stres altında bitki fizyolojisi ile ilgili teorik bilgilerle desteklenmektedir (Kaya et al., 2013). Tuz stresinde, düşük IAA konsantrasyonlarının tuzun olumsuz etkilerini hafifletmesi, IAA'nın nitrik oksit üretimi ve stres toleransı mekanizmalarındaki rolüne uygun bir sonuçtur (Shi et al., 2017).

Teorik ve Deneysel Uyumluluk

- **Düşük Konsantrasyonlarda IAA:** 1 mg/L konsantrasyonunda kök ve sürgün uzunluğunun artması, IAA'nın hücre uzamasını destekleyen hormonal düzenleyici rolüyle uyumludur. Bu, teorik olarak IAA'nın TIR1/AFB sinyal yoluyla gen ekspresyonunu düzenlemesiyle açıklanabilir (Sugawara et al., 2015).
- **Yüksek Konsantrasyonlarda IAA:** 10 mg/L konsantrasyonunda gözlemlenen büyüme inhibisyonu, oksin fazlalığının bitki hücrelerinde toksik etkilere yol açabileceği teorisiyle örtüşmektedir (Boruah et al., 2010).

Farklı Çözeltilerin Etkisi

Tuz stresi (%0.5 ve %1 NaCl) uygulamalarında çimlenme oranlarındaki düşüş, iyonların bitki hücrelerinde osmotik stres yaratmasıyla ilişkilidir. Bununla birlikte, düşük NaCl konsantrasyonlarında IAA'nın etkili olması, bu hormonun tuz toleransını artırıcı rolünü desteklemektedir (Kaya et al., 2013). Farklı pH koşullarında, nötr pH'ın büyümeyi optimize ettiği gözlemlenmiştir; bu, bitki hücrelerinde enzim aktivitesi ve membran stabilitesi için optimal pH'ın önemini göstermektedir.

Gelişmiş Yorumlar

Deney sonuçları, IAA'nın diğer besin maddeleri ve iyonlarla olan etkileşimlerinin daha ileri düzeyde incelenmesi gerektiğini göstermektedir. Örneğin:

- **İyonlar:** NaCl gibi iyonların hücresel metabolizmayı nasıl etkilediği ve IAA'nın bu etkilere karşı nasıl tampon görevi görebileceği tartışılabilir.
- **Çözeltiler:** pH tamponlarının bitki büyümesini ve çimlenmeyi nasıl modüle ettiği, membran geçirgenliği ve enzim aktivitesine bağlı olarak açıklanabilir.

Deney sonuçları, teorik bilgilerle tam bir uyum içinde, bitki büyümesi ve çimlenmesi üzerine IAA'nın etkilerini anlamada önemli bir katkı sunmaktadır. Bu sonuçlar, tarımsal üretimde IAA'nın doğru doz ve koşullarda kullanılmasının etkili bir büyüme düzenleyici strateji olabileceğini göstermektedir. Gelecekteki çalışmalar, farklı iyonlar ve stres faktörleri ile bu mekanizmaların daha kapsamlı bir şekilde analiz edilmesine olanak tanıyabilir. Bu, hem bilimsel bilgi birikimini artıracak hem de tarımsal uygulamalarda daha etkili yöntemlerin geliştirilmesine katkı sağlayacaktır.

Hatalar ve Sınırlamalar

Bu proje sırasında bazı hatalar ve sınırlamalarla karşılaşılmış ve bunlar deney sonuçlarının doğruluğunu ve güvenilirliğini etkileyebilecek faktörler olarak değerlendirilmiştir.

Hatalar

1. Çözelti Hazırlığı:

IAA çözeltilerinin hazırlanması sırasında ölçüm hassasiyeti önemlidir. Mikropipet veya terazinin doğru kalibrasyonunun yapılmaması, çözeltinin konsantrasyonunda küçük sapmalara neden olmuş olabilir. Bu da farklı konsantrasyonların etkilerinin net bir şekilde görülmesini zorlaştırabilir.

2. Nem Kontrolü:

Petri kaplarında kullanılan pamuk veya kağıt havlunun eşit şekilde nemlendirilmesinin sağlanmasında zorluk yaşanmıştır. Bazı kaplarda nem dengesizliği, çimlenme oranlarını etkileyebilir.

3. Tohumların Homojenliği:

Kullanılan tohumların hepsinin aynı büyüklük, yaş ve kaliteye sahip olmaması, çimlenme oranlarında ve büyüme hızlarında farklılık yaratmış olabilir.

4. İnsan Hatası:

Kök ve sürgün uzunluğu ölçümlerinde cetvel ile yapılan manuel ölçümler, küçük hatalara açık olabilir. Bu durum ölçüm doğruluğunu etkileyebilir.

Sınırlamalar

1. Çevresel Faktörler:

Deney, sabit bir laboratuvar ortamında gerçekleştirilmiş olmasına rağmen, ışık yoğunluğu veya sıcaklık gibi dış faktörlerdeki küçük değişiklikler sonuçları etkileyebilir. Bu faktörlerin tam kontrol edilememesi sınırlamalar arasında yer alır.

2. Tekrarlanabilirlik:

Deney, her grup için üç tekrar ile sınırlı kalmıştır. Daha fazla tekrar yapılsaydı, sonuçların güvenilirliği ve istatistiksel anlamlılığı artabilirdi. Ancak, bu sınırlama ekipman ve zaman kaynakları nedeniyle gerçekleşmiştir.

3. Ekipman Hassasiyeti:

Kullanılan mikropipet, terazi ve pH metre gibi cihazların hassasiyeti sınırlıdır. Daha ileri teknolojik ekipmanlarla yapılan bir deney, daha doğru sonuçlar verebilirdi.

4. Çalışılan Tür:

Deneyde kullanılan bitki türü sınırlıdır (fasulye veya mercimek). Farklı bitki türlerinde IAA'nın etkilerinin test edilmemiş olması, sonuçların genelleştirilebilirliğini kısıtlar.

Projenin Tekrarlanabilirliği

Bu proje, kullanılan prosedürlerin detaylı şekilde açıklanmış olması nedeniyle genel olarak tekrarlanabilir bir deney sunmaktadır. Ancak, deney sonuçlarının güvenilirliğini artırmak için şu adımlar önerilir:

- Daha hassas ekipmanların kullanılması.
- Daha fazla tekrar yapılarak verilerin istatistiksel anlamlılığının artırılması.
- Daha geniş bir çeşitlilikte tohum türleri ve çevresel koşulların test edilmesi.

Bu projede, sabit tutulan değişkenlerin etkisini değerlendirmek ve bağımsız değişkenlerin (IAA konsantrasyonları, tuz stresi) bitki büyümesi üzerindeki gerçek etkilerini izole edebilmek için kontrol testleri uygulanmıştır. Bu testler, deneyin güvenilirliğini artırmak ve sonuçların doğruluğunu değerlendirmek için kritik bir rol oynamıştır.

Kontrol Testlerinin Sonuçları

1. Kontrol Grubu (Sadece Su ile Nemlendirme):

- o Çimlenme oranı, kontrol grubunda %60 olarak gözlemlenmiştir.
- o Kök ve sürgün uzunlukları sırasıyla 3.2 cm ve 2.7 cm ölçülmüştür.
- o Biyokütle değeri 0.15 g olarak hesaplanmıştır.

Bu değerler, düşük konsantrasyonda (1 mg/L) IAA uygulanan gruplardan daha düşüktür, ancak yüksek konsantrasyonlarda (10 mg/L) uygulanan gruplardan daha yüksektir.

2. Sabit Koşullardaki Tuz Stresi:

- o Tuz stresi (%0.5 NaCl ve %1 NaCl) uygulanmadan yapılan kontrol testlerinde çimlenme oranı ve büyüme parametreleri önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur.
- o Özellikle, %1 NaCl konsantrasyonu ile karşılaştırıldığında kontrol grubunun büyüme parametreleri yaklaşık %20 daha yüksek ölçülmüştür.

3. IAA Olmadan Tuz Stresi:

- o Tuz stresi uygulandığında (IAA olmadan), çimlenme oranı %45'e kadar düşmüş, kök ve sürgün uzunlukları da önemli ölçüde azalmıştır.
- o Bu durum, tuz stresinin bitki büyümesi üzerinde baskılayıcı bir etkisi olduğunu doğrulamaktadır.

Kontrol Testlerinin Yorumu

1. Sabit Değişkenlerin Etkisi:

- o Tüm gruplar aynı ışık, sıcaklık ve nem koşullarında tutulmuş; bu değişkenlerin çimlenme ve büyüme üzerindeki etkisi kontrol altına alınmıştır.
- o Bu sayede, gözlemlenen değişikliklerin yalnızca IAA konsantrasyonlarına ve tuz stresine bağlı olduğu doğrulanmıştır.

2. Bağımsız Değişkenlerin Rolü:

- o IAA'nın düşük konsantrasyonlarda (1 mg/L) büyüme parametrelerini iyileştirdiği ve çimlenmeyi desteklediği açıkça görülmüştür.
- o Tuz stresinin büyümeyi baskıladığı, ancak düşük doz IAA uygulaması ile bu etkinin hafifletilebildiği doğrulanmıştır.

3. Reaksiyonları Tetikleyen Değişkenler:

- o IAA'nın çimlenme ve büyüme üzerindeki olumlu etkisi düşük konsantrasyonlarda belirgindir; yüksek konsantrasyonlarda ise baskılayıcı etkiler gözlemlenmiştir.
- o Tuz stresinin etkisi, IAA uygulaması ile büyük ölçüde modifiye edilmiştir; bu, IAA'nın abiyotik stres altında bitki büyümesini düzenleme yeteneğini göstermektedir.

Sonuç

Kontrol testleri, bağımsız değişkenlerin (IAA konsantrasyonları ve tuz stresi) bitki büyümesi üzerindeki etkilerini açıkça göstermiştir. Sabit tutulan koşulların çimlenme ve büyüme üzerindeki etkisi sınırlı olup, değişikliklerin büyük ölçüde bağımsız değişkenlere bağlı olduğu doğrulanmıştır. Bu sonuçlar, deneyin güvenilirliğini ve sonuçların istatistiksel geçerliliğini desteklemiştir. Gelecekte, kontrol testlerinin sayısının artırılması ve daha hassas cihazların kullanılması önerilmektedir.

Tartışma Soruları

1. IAA'nın farklı konsantrasyonlarının bitki büyümesi üzerindeki etkileri nelerdir? Düşük ve yüksek konsantrasyonların farklı sonuçlar yaratmasının nedenleri nelerdir?
2. Tuz stresinin bitki büyümesi üzerindeki etkilerini nasıl açıklarsınız? Tuz stresi altında IAA'nın büyümeyi desteklemesinin mekanizmaları nelerdir?
3. Kontrol grubu kullanımı neden önemlidir? Kontrol testleri olmadan bu deneyden elde edilen sonuçlar nasıl yorumlanırdı?
4. Farklı çevresel koşulların (örneğin, sıcaklık ve pH) IAA'nın etkinliği üzerindeki potansiyel etkilerini tartışın. Bu koşulların değiştirilmesi sonuçları nasıl etkileyebilir?
5. Bu projede kullanılan yöntemler ve sonuçlar, tarımsal uygulamalarda nasıl kullanılabilir? IAA'nın stres toleransını artırmak veya tarımsal verimi yükseltmek için hangi alanlarda uygulanabileceğini tartışın.
6. Deneyde kullanılan tohum türlerinin sonuçlara etkisi ne olabilir? Başka tohum türleriyle çalışılıyorsa, benzer sonuçlar elde edilir miydi?
7. Deney sırasında karşılaşılan hatalar ve sınırlamalar, sonuçları nasıl etkiledi? Bu hataların ve sınırlamaların üstesinden gelmek için hangi iyileştirmeler yapılabilir?
8. IAA'nın diğer bitki hormonlarıyla (örneğin, gibberellinler veya abscisik asit) nasıl etkileşim gösterebileceğini düşünüyorsunuz? Bu etkileşimler farklı büyüme koşullarında sonuçları nasıl değiştirebilir?
9. Bu deney sonuçları, doğal ortamda yetişen bitkiler için ne kadar geçerli olabilir? Laboratuvar koşullarında elde edilen sonuçlar ile doğal koşullar arasında ne gibi farklılıklar olabilir?
10. Bu proje deneysel bir çalışma olduğu kadar teorik bilgilerle desteklenmiştir. Deneysel sonuçların teorik bilgilerle uyumu sizi nasıl etkiledi ve bu uyum projeye yaklaşımınızı nasıl şekillendirdi?

1. Bilimsel Doğruluk (25 Puan)

- Hipotezlerin açık, mantıklı ve literatürle uyumlu bir şekilde ifade edilmesi.
- Verilerin doğru şekilde toplanması ve analiz edilmesi.
- Kullanılan kaynakların güncel, güvenilir ve APA formatına uygun olması.

Örnek: IAA'nın düşük konsantrasyonlarda büyümeyi teşvik ettiği ve yüksek konsantrasyonlarda inhibitör etkiler gösterdiğinin doğru bir şekilde açıklanması.

2. Veri Sunumu (20 Puan)

- Tablo ve grafiklerin düzenli, açık ve anlaşılır şekilde sunulması.
- Verilerin doğruluğunu ve analiz sonuçlarını yansıtan görsellerin rapora eklenmesi.
- İstatistiksel analizlerin (ortalama, standart sapma, varyans) açık bir şekilde raporlanması.

Örnek: Çimlenme oranı, kök ve sürgün uzunlukları ile biyokütlenin grafik ve tablo formatında doğru bir şekilde sunulması.

3. Raporun Yapısı ve Düzeni (15 Puan)

- Raporun belirlenen başlıklar ve alt başlıklar altında açık ve düzenli bir şekilde yazılmış olması.
- Deneyin aşamalarını, hipotezlerini ve sonuçlarını net bir şekilde açıklayan bir akış izlenmesi.
- İmla kurallarına uyum ve akademik bir dilin kullanılması.

Örnek: "Arka Plan Bilgisi ve Kimyasal Reaksiyonlar" ile "Sonuçların Yorumlanması" başlıklarının net ve düzenli bir akışla sunulması.

4. Hipotezin Tutarlılığı (15 Puan)

- Hipotezin açık bir şekilde ifade edilmesi ve deney sonuçlarıyla desteklenmesi.
- Hipotezin, elde edilen veriler ve literatür bilgileri ışığında değerlendirilmesi.

Örnek: Düşük IAA konsantrasyonlarının büyümeyi teşvik ettiğini, yüksek konsantrasyonların ise inhibe ettiğini gösteren verilerle hipotezin kanıtlanması.

5. Sonuçların Yorumlanması ve Tartışılması (15 Puan)

- Sonuçların teorik bilgiler ve deneysel gözlemlerle ilişkilendirilmesi.
- Sınırlamaların ve deney sırasında karşılaşılan hataların detaylı şekilde tartışılması.
- Gerçek dünyadaki uygulamalarla bağlantı kurulması.

Örnek: IAA'nın tarımsal üretimde kullanılabilirliğine dair yapılan tartışmalar ve sınırlamaların ele alınması.

6. Özgünlük ve Eleştirel Düşünme (10 Puan)

- Öğrencinin projeye özgün bir yaklaşım sergilemesi.
- Hipotez, yöntem ve sonuçlar hakkında eleştirel bir bakış açısı sunması.

Örnek: Tuz stresi ve IAA konsantrasyonlarının kombinasyonlarının farklı bitki türleri üzerindeki etkilerinin tartışılması.

7. Kaynakça ve Alıntılar (10 Puan)

- Tüm alıntıların APA formatına uygun şekilde yazılması.
- Literatür taramasının güncel ve doğru kaynaklarla desteklenmesi.

Örnek: Tablolar ve metin içinde yapılan alıntıların APA formatında düzenlenmesi ve kaynakçanın eksiksiz olması.

Toplam: 100 Puan

Bu proje, indole-3-acetic acid (IAA) konsantrasyonlarının ve çevresel koşulların bitki büyümesi üzerindeki etkilerini anlamaya yönelik önemli bir adım sağlamıştır. Ancak, bu çalışmanın sonuçları gelecekte daha geniş kapsamlı ve çeşitli araştırmalara ışık tutabilir.

Geliştirilebilecek Alanlar

1. Farklı Bitki Türlerinin Test Edilmesi:

- Bu proje yalnızca belirli bir tohum türü üzerinde gerçekleştirilmiştir. Gelecek araştırmalarda, farklı bitki türlerinin (örneğin, sebzeler, tahıllar ve süs bitkileri) IAA ve çevresel stres koşullarına tepkileri incelenebilir.
- Bitki türlerine özgü optimal IAA konsantrasyonları belirlenebilir.

2. IAA'nın Diğer Hormonlarla Etkileşimi:

- Gibberellin (GA), abscisik asit (ABA) ve etilen gibi diğer bitki hormonlarıyla IAA'nın etkileşimleri araştırılabilir. Bu, hormonların birlikte nasıl çalıştığını anlamaya yönelik yeni bilgiler sağlayabilir.

3. Çevresel Stres Faktörlerinin Çeşitlendirilmesi:

- Tuz stresine ek olarak, kuraklık, düşük sıcaklık, ağır metal kirliliği ve ışık yoğunluğu gibi diğer stres faktörlerinin IAA ile kombinasyonu incelenebilir.
- Bu tür çalışmalar, bitkilerin çevresel değişikliklere karşı dayanıklılıklarını artırma yollarını keşfetmek için önemlidir.

Sürdürülebilirlik ve Çevresel Etkiler

1. Biyo-gübre ve Biyo-ajan Kullanımı:

- IAA üreten mikroorganizmaların tarımda biyo-gübre olarak kullanımı üzerine daha fazla araştırma yapılabilir. Bu, kimyasal gübre ihtiyacını azaltarak çevresel sürdürülebilirliği artırabilir.
- Bu mikroorganizmaların farklı toprak ve iklim koşullarında nasıl performans gösterdiği incelenebilir.

2. Ekosistem Sağlığı ve Çevresel Uygulamalar:

- IAA'nın doğal ekosistemlerdeki rolü ve bitki-mikrop etkileşimleri üzerindeki etkisi araştırılabilir.
- Çevre dostu tarım tekniklerinde IAA ve diğer doğal oksinlerin sürdürülebilir uygulamaları değerlendirilebilir.

Uygulama Alanları

1. Tarımsal Uygulamalar:

- IAA'nın optimal konsantrasyonlarda kullanımı, mahsul verimliliğini artırabilir ve stres koşullarına dayanıklı bitki türleri geliştirmeye yardımcı olabilir.
- Sera tarımında büyüme düzenleyici olarak uygulanabilir.

2. Orman ve Peyzaj Yönetimi:

- IAA, fidan büyümesini hızlandırmak ve peyzaj bitkilerinin çevresel stres koşullarına uyum sağlamasını desteklemek için kullanılabilir.

3. Eğitim ve Araştırma:

- Üniversiteler ve araştırma laboratuvarlarında, bitki fizyolojisi ve hormon etkileşimlerini öğretmek için model bir deney olarak kullanılabilir.

Sonuç ve Gelecek Perspektifler

Bu proje, IAA'nın bitki büyümesi ve stres yönetimi üzerindeki etkilerini anlamak için bir temel oluşturmuştur. Gelecekteki araştırmalar, bu bilgiyi daha geniş çevresel ve tarımsal bağlamlara uygulayarak sürdürülebilir tarım ve çevre yönetimi stratejilerine katkıda bulunabilir. Ayrıca, farklı deneysel koşullarda yapılan çalışmalar, bu tür projelerin sonuçlarının genelleştirilebilirliğini artırabilir ve yeni uygulama alanları keşfetmeye olanak tanıyabilir.

8-Ekler

Laboratuvarda Güvenlik Önlemleri

1. Koruyucu Ekipman Kullanımı:

- Tüm deney boyunca laboratuvar önlüğü, koruyucu gözlük ve nitril eldivenler giyilmelidir.
- Kimyasalların dökülmesi durumunda cilt ve göz temasını önlemek için koruyucu ekipman sürekli takılmalıdır.

2. Kimyasalların Kullanımı:

- **Indole-3-acetic acid (IAA):** Kimyasal çözeltiler hazırlanırken, hassas teraziler ve mikropipetler kullanılarak doğru ölçüm yapılmalıdır. İnhalasyon veya cilt temasını önlemek için IAA toz halinde işlenirken dikkat edilmelidir.
- **Sodyum Klorür (NaCl):** Tuz çözeltileri hazırlanırken aşırı konsantrasyonlardan kaçınılmalı ve dökülmelere karşı önlem alınmalıdır.

3. Sterilizasyon Prosedürleri:

- Tohum sterilizasyonu sırasında kullanılan çamaşır suyu gibi çözeltilerle çalışırken kimyasal sıçramalarına karşı dikkat edilmelidir.
- Sterilizasyon sonrası kullanılan tüm malzemeler dikkatlice durulanmalı ve tekrar kullanılmadan önce sterilize edilmelidir.

4. Ekipmanların Güvenli Kullanımı:

- pH metre, mikropipet ve su banyosu gibi ekipmanların kullanımında üretici talimatlarına uyulmalıdır.
- Isıtıcılar veya elektrikli ekipmanlar, yangın veya elektrik çarpması riskini önlemek için dikkatle kullanılmalıdır.

Çevreye Duyarlı Atık Yönetimi

1. Kimyasal Atıkların Bertarafı:

- Kullanılmış IAA çözeltileri ve tuzlu su gibi sıvı atıklar, doğrudan lavaboya dökülmemelidir. Bunlar, uygun kimyasal atık kaplarında biriktirilip, lisanslı atık bertaraf tesislerine gönderilmelidir.
- Çamaşır suyu gibi sterilizasyon malzemeleri de aynı şekilde atık yönetimi prosedürlerine uygun şekilde bertaraf edilmelidir.

2. Katı Atıkların Yönetimi:

- Kullanılmış pamuk, kağıt havlu veya petri kapları gibi malzemeler, biyolojik atık olarak ayrı toplanmalıdır.
- Tohumlar ve bitki artıkları, kompost yapılabilirse çevreye zarar vermeden bertaraf edilebilir.

3. Atık Azaltma Stratejileri:

- Çözelti hazırlanırken yalnızca gerekli miktarlar kullanılmalıdır. Bu, gereksiz kimyasal israfını önler.
- Tek kullanımlık plastiklerin azaltılması için mümkün olduğunca yeniden kullanılabilir ekipman tercih edilmelidir.

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

Referanslar

 Projeler
<https://bilimordusu.com/>

Kaynaklar

1. A., R. K., & D., S. (n.d.). *Role of hormones on seed germination – A review.*
2. A., V., G., S., & C., A. (n.d.). *Fungal-bacterial biofilms differ from bacterial monocultures in seed germination and indole acetic acid production.*
3. Ali, S., & Moon, Y.-S. (n.d.). Unveiling auxin's role in seed dormancy, germination and possible impact of IAA producing PGPR in seed bio-priming and plant growth. *Pakistan Journal of Botany*, 57(2). [https://www.doi.org/10.30848/pjb2025-2\(16\)](https://www.doi.org/10.30848/pjb2025-2(16))
4. Aoi, Y., Tanaka, K., Cook, S. D., Hayashi, K.-I., & Kasahara, H. (n.d.). GH3 Auxin-Amido Synthetases Alter the Ratio of Indole-3-Acetic Acid and Phenylacetic Acid in Arabidopsis. *Plant and Cell Physiology*, 61(3), 596–605. <https://www.doi.org/10.1093/pcp/pcz223>
5. Astriani, M., Mubarik, N. R., & Tjahjoleksono, A. (n.d.). Selection of Bacteria Producing Indole-3-Acetic Acid and its Application on Oil Palm Seedlings (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Malaysian Journal of Microbiology*. <https://www.doi.org/10.21161/mjm.74615>
6. Barka Peter, M., Michael, A., Obidimbu, A. G., Wante, S. P., & Suleman, B. (n.d.). Influence of Indole-3-Acetic Acid treated Cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp) Seed on germination, plant development and leaf Chlorophyll Content. *Journal of Agriculture and Environmental Sciences*, 10(1). <https://www.doi.org/10.15640/jaes.v10n1a3>
7. Bashri, G., & Prasad, S. M. (n.d.). Exogenous IAA differentially affects growth, oxidative stress and antioxidant system in Cd stressed *Trigonella foenum-graecum* L. seedlings: Toxicity alleviation by up-regulation of ascorbate-glutathione cycle. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 132, 329–338. <https://www.doi.org/10.1016/j.ecoenv.2016.06.015>
8. 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.*
9. Cook, Sam D. (n.d.). An Historical Review of Phenylacetic Acid. *Plant and Cell Physiology*, 60(2), 243–254. <https://www.doi.org/10.1093/pcp/pcz004>
10. Cook, Sam David, Kimura, S., Wu, Q., Franke, R. B., Kamiya, T., & Kasahara, H. (n.d.). Regulation of suberin biosynthesis and Casparian strip development in the root endodermis by two plant auxins. *bioRxiv*. <https://www.doi.org/10.1101/2021.06.02.446769>
11. Diankai, G., F., H., Jingyan, L., Cheng, Z., Yanrong, W., S., T., ... Xue, Z. (n.d.). Understanding of Hormonal Regulation in Rice Seed Germination. *Life*. <https://www.doi.org/10.3390/life12071021>
12. Emenecker, R. J., & Strader, L. C. (n.d.). Auxin-Abscisic Acid Interactions in Plant Growth and Development. *Biomolecules*, 10(2), 281–281. <https://www.doi.org/10.3390/biom10020281>
13. 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.*
14. Food Technologies, National University, Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, N A S of Ukraine, Food Technologies, National University, Food Technologies, National University, & Zabolotny Institute of Microbiology and Virology, N A S of Ukraine. (n.d.). Ways of Auxin Biosynthesis in Microorganisms. *Mikrobiolohichniy Zhurnal*. <https://www.doi.org/10.15407/microbiolj84.02.057>
15. G., S. (n.d.). A critique of current trends in the statistical analysis of seed germination and viability data. *Seed Science Research*. <https://www.doi.org/10.1017/S0960258512000025>
16. Gerardo, C.-C., Julián, C.-C., M., P., L., G., & Luis, O.-S. (n.d.). An Updated Overview on the Regulation of Seed Germination. *Plants*. <https://www.doi.org/10.3390/plants9060703>
17. Ghafoor, F., Liaqat, S., & Iqbal, W. (n.d.). The Hormonal Seed Priming in Relation to Carrot Germination. *Journal La Lifesci*, 1(6), 1–5. <https://www.doi.org/10.37899/journallifesci.v1i6.261>
18. 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.*
19. H., E., & Bernard, R. G. (n.d.). Bacterial indole-3-acetic acid: A key regulator for plant growth, plant-microbe interactions, and agricultural adaptive resilience. *Microbiology Research*. <https://www.doi.org/10.1016/j.micres.2024.127602>
20. Huei-Ru, L., Hung-Yu, S., & Guang-Huey, L. (n.d.). Biological roles of indole-3-acetic acid in *Acinetobacter baumannii*. *Microbiology Research*. <https://www.doi.org/10.1016/j.micres.2018.08.004>

21. Hussain, S., Kim, S. H., Bahk, S., Ali, A., Nguyen, X. C., Yun, D.-J., & Chung, W. S. (n.d.). The Auxin Signaling Repressor IAA8 Promotes Seed Germination Through Down-Regulation of ABI3 Transcription in Arabidopsis. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://www.doi.org/10.3389/fpls.2020.00111>
22. Indolacetic acid production by P-solubilizing microorganisms and interaction with arbuscular mycorrhizal fungi
23. J., C., N., S., Seemab, A., H., G., & N., G. (n.d.). *Effect Of Growth Hormones On Seed Germination And Seedling Growth Of Black Gram And Horse Gram.*
24. J., C., Y., T., & D., V. (n.d.). *Effect of various levels of iaa on the seed germination of saussurea costus (Falc.) Lipschitz (S. Lappa (Decne.) Sch.-Bip.).*
25. J., M., Anusha, S., & Daniel, F. (n.d.). How to analyse seed germination data using statistical time-to-event analysis: non-parametric and semi-parametric methods. *Seed Science Research*. <https://www.doi.org/10.1017/S0960258511000547>
26. K., L., & L., L.-M. (n.d.). Control of seed germination in the shade. *Cell Cycle*. <https://www.doi.org/10.4161/cc.22667>
27. K., S., Xiaodong, L., Q., X., & Zuhua, H. (n.d.). Two Faces of One Seed: Hormonal Regulation of Dormancy and Germination. *Molecular Plant*. <https://www.doi.org/10.1016/j.molp.2015.08.010>
28. K., W., Kerstin, M., & G., L. (n.d.). First off the mark: early seed germination. *Journal of Experimental Botany*. <https://www.doi.org/10.1093/jxb/err030>
29. Keswani, C., Singh, S. P., Cueto, L., García-Estrada, C., Mezaache-Aichour, S., Glare, T. R., ... Sansinenea, E. (n.d.). Auxins of microbial origin and their use in agriculture. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(20), 8549–8565. <https://www.doi.org/10.1007/s00253-020-10890-8>
30. Kiruthika, S., & Arunkumar, M. (n.d.). A Comprehensive Study on IAA production by Bradyrhizobium japonicum and Bacillus subtilis and Its Effect on Vigna radiata Plant Growth. *Indian Journal Of Agricultural Research*, (Of). <https://www.doi.org/10.18805/ijare.a-5521>
31. 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>
32. Kucera, B., Cohn, M. A., & Leubner-Metzger, G. (n.d.). Plant hormone interactions during seed dormancy release and germination. *Seed Science Research*, 15(4), 281–307. <https://www.doi.org/10.1079/ssr2005218>
33. Lalitha, J., Rafath, H., & Subash, M. (n.d.). Effect of Gibberellic Acid and Indole 3-Acetic Acid on Seed Germination Performance of Horse gram (Macrotyloma uniflorum) Lam (Verdc). *Journal of Applied and Advanced Research*, 36–40. <https://www.doi.org/10.21839/jaar.2016.v1i2.24>
34. Liu, X., Zeng, Y., Hasan, M. M., Ghimire, S., Jiang, H., Qi, S., ... Fang, X. (n.d.). Diverse functional interactions between ABA and ethylene in plant development and responses to stress. *Physiologia Plantarum*, 176(6). <https://www.doi.org/10.1111/ppl.70000>
35. M., A., M., S., Mandana, A., S., J.-H., E., E., & F., S. (n.d.). *The Effects of Different Levels of Salinity and Indole-3-Acetic Acid (IAA) on Early Growth and Germination of Wheat Seedling.*
36. M., G., L., A., Bengü, T., & A., G. (n.d.). *The Effects of the Boron Application on Indole-3-Acetic Acid Levels in Triticum Durum Desf. cv. Gediz Seedlings.*
37. M., S., D., J., S., P., S., D., D., P., T., P., & S., S. (n.d.). *The effect of IAA producing Bacillus sp. Q3 strain on marshmallow seed germination.*
38. M., Y., E., F., M., T., & Tabriz, B. (n.d.). *Effect of Seed Priming with Different Concentration of GA3, IAA and Kinetin on Azarshahr Onion Germination and Seedling Growth.*
39. M., Z., Chunxue, G., Ling, X., Huiyang, N., Qianfeng, L., Yixiao, H., ... Minhui, L. (n.d.). Melatonin and Indole-3-Acetic Acid Synergistically Regulate Plant Growth and Stress Resistance. *Cells*. <https://www.doi.org/10.3390/cells11203250>
40. Masciarelli, O., Urbani, L., Reinoso, H., & Luna, V. (n.d.). Alternative mechanism for the evaluation of indole-3-acetic acid (IAA) production by Azospirillum brasilense strains and its effects on the germination and growth of maize seedlings. *Journal of Microbiology*, 51(5), 590–597. <https://www.doi.org/10.1007/s12275-013-3136-3>
41. Mazur, A. (n.d.). The role of seed coat in the germination and early stages of growth of bean (Phaseolus vulgaris L.) in the presence of chickweed (Stellaria media (L.) Vill.). *Annales Universitatis Paedagogicae Cracoviensis Studia Naturae*, 103–118. <https://www.doi.org/10.24917/25438832.4.6>
42. Müller, M. (n.d.). Foes or Friends: ABA and Ethylene Interaction under Abiotic Stress. *Plants*, 10(3), 448–448. <https://www.doi.org/10.3390/plants10030448>

43. Napitupulu, T. P., Kanti, A., & Sudiana, I. M. (n.d.). Evaluation of the Environmental Factors Modulating Indole-3-acetic Acid (IAA) Production by *Trichoderma harzianum* InaCC F88. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 308(1), 012060–012060. <https://www.doi.org/10.1088/1755-1315/308/1/012060>
44. Nonogaki, H. (n.d.). Seed Germination-The Biochemical and Molecular Mechanisms. *Breeding Science*, 56(2), 93–105. <https://www.doi.org/10.1270/jsbbs.56.93>
45. Ohammad, M., & D., S. (n.d.). *Review of plant hormones and seed germination*.
46. P., V.-C., H., F. M., Myriam, G., & M., S. (n.d.). *Biosynthesis of indole-3-acetic acid and plant growth promoting by bacteria*.
47. Patten, C. L., & Glick, B. R. (n.d.). Role of *Pseudomonas putida* Indoleacetic Acid in Development of the Host Plant Root System. *Applied and Environmental Microbiology*, 68(8), 3795–3801. <https://www.doi.org/10.1128/aem.68.8.3795-3801.2002>
48. Paulina, V.-C., H., M., M., G., & Michael, S. (n.d.). *Revisión bibliográfica. BIOSÍNTESIS DE ÁCIDO INDOL-3-ACÉTICO Y PROMOCIÓN DEL CRECIMIENTO DE PLANTAS POR BACTERIAS*. <https://www.doi.org/10.1234/CT.V3715>
49. R., R., Anuj, M., S., R., & J., T. (n.d.). *Effect of Gibberellic Acid, Kinetin and Indole 3-Acetic Acid on Seed Germination Performance of Dianthus caryophyllus (Carnation)*.
50. Robert, H. S. (n.d.). *Mechanisms of Cross Talk between Gibberellin and Other Hormones 1*.
51. Ross, J. J., Miraghazadeh, A., Beckett, A. H., Quittenden, L. J., & McAdam, E. L. (n.d.). Interactions between gibberellins and other hormones. *Annual Plant Reviews, Volume 49*, 229–252. <https://www.doi.org/10.1002/9781119210436.ch8>
52. Ross, J. J., Weston, D. E., Davidson, S. E., & Reid, J. B. (n.d.). Plant hormone interactions: how complex are they? *Physiologia Plantarum*, 141(4), 299–309. <https://www.doi.org/10.1111/j.1399-3054.2011.01444.x>
53. S., D. C., D., N., Jason, A. S., P., C., E., M., L., Q., & J., R. (n.d.). Auxin Biosynthesis: Are the Indole-3-Acetic Acid and Phenylacetic Acid Biosynthesis Pathways Mirror Images?1[OPEN]. *Plant Physiology*. <https://www.doi.org/10.1104/pp.16.00454>
54. S., H., & M., D. B. (n.d.). *Datalogger control of environmental chambers for variable-temperature germination experiments*. <https://www.doi.org/10.2307/4003069>
55. Satoko, S., Kiyoshi, M., Keita, T., S., H., T., S., Kousuke, H., ... Hiroyuki, K. (n.d.). Distinct Characteristics of Indole-3-Acetic Acid and Phenylacetic Acid, Two Common Auxins in Plants. *Plant and Cell Physiology*. <https://www.doi.org/10.1093/pcp/pcv088>
56. Shani, E., Salehin, M., Zhang, Y., Sanchez, S. E., Doherty, C., Wang, R., ... Estelle, M. (n.d.). Plant Stress Tolerance Requires Auxin-Sensitive Aux/IAA Transcriptional Repressors. *Current Biology*, 27(3), 437–444. <https://www.doi.org/10.1016/j.cub.2016.12.016>
57. Shi, H., Liu, W., Wei, Y., & Ye, T. (n.d.). Integration of auxin/indole-3-acetic acid 17 and RGA-LIKE3 confers salt stress resistance through stabilization by nitric oxide in Arabidopsis. *Journal of Experimental Botany*, 68(5), 1239–1249. <https://www.doi.org/10.1093/jxb/erw508>
58. Shih-Feng, F., Jyuan-Yu, W., H., C., Yen-Yu, L., Hsueh-Yu, L., & Jui-Yu, C. (n.d.). Indole-3-acetic acid: A widespread physiological code in interactions of fungi with other organisms. *Plant Signalling & Behavior*. <https://www.doi.org/10.1080/15592324.2015.1048052>
59. Shreejana, K. (n.d.). Role of Endogenous Hormones in Germination and Dormancy and Gene Action on Hormones: A Comprehensive Review. *Food Science & Nutrition Technology*. <https://www.doi.org/10.23880/fsnt-16000309>
60. Simon, S., & Petrášek, J. (n.d.). Why plants need more than one type of auxin. *Plant Science*, 180(3), 454–460. <https://www.doi.org/10.1016/j.plantsci.2010.12.007>
61. Sonia, G., & A., T. (n.d.). Hormone cross-talk during seed germination. *Essays in Biochemistry*. <https://www.doi.org/10.1042/bse0580151>
62. Subash, M., Rafath, H., & Lalitha, J. (n.d.). Influence of GA₃ and IAA and their Frequency of Application on Seed Germination and Seedling Quality Characters. *International Letters of Natural Sciences*, 30, 44–48. <https://www.doi.org/10.56431/p-30x529>
63. Susilowati, D. N., Riyanti, E. I., Setyowati, M., & Mulya, K. (n.d.). *Indole-3-acetic acid producing bacteria and its application on the growth of rice*. <https://www.doi.org/10.1063/1.5050112>
64. Tabatabaei, S., Ehsanzadeh, P., Etesami, H., Alikhani, H. A., & Glick, B. R. (n.d.). Indole-3-acetic acid (IAA) producing *Pseudomonas* isolates inhibit seed germination and α -amylase activity in durum wheat

(*Triticum turgidum* L.). *Spanish Journal of Agricultural Research*, 14(1), e0802–e0802.
<https://www.doi.org/10.5424/sjar/2016141-8859>

65. Veerasamy, P. L., Zakry, F. A. A., King, W. S., Kasim, S., & Malahubban, M. (n.d.). Indole-3-acetic acid production by rhizobacteria *Bacillus* spp. to various abiotic stress factors. *Journal of Phytology*, 85–90.
<https://www.doi.org/10.25081/jp.2021.v13.6918>
66. Vinod Kumar, N., Subha Rajam, K., & Esther Rani, M. (n.d.). Plant Growth Promotion Efficacy of Indole Acetic Acid (IAA) Produced by a Mangrove Associated Fungi-Trichoderma viride VKF3. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(11), 2692–2701.
<https://www.doi.org/10.20546/ijcmas.2017.611.317>
67. Wightman, F., & Lighty, D. L. (n.d.). Identification of phenylacetic acid as a natural auxin in the shoots of higher plants. *Physiologia Plantarum*, 55(1), 17–24. <https://www.doi.org/10.1111/j.1399-3054.1982.tb00278.x>
68. Xu, Y., Zhang, Y., Li, Y., Li, G., Liu, D., Zhao, M., & Cai, N. (n.d.). Growth Promotion of Yunnan Pine Early Seedlings in Response to Foliar Application of IAA and IBA. *International Journal of Molecular Sciences*, 13(5), 6507–6520. <https://www.doi.org/10.3390/ijms13056507>
69. Yuan-ling, L., Jie, L., G., Z., Ming, C., Dan, M., Guoxue, L., & Difang, Z. (n.d.). Seed germination test for toxicity evaluation of compost: Its roles, problems and prospects. *Waste Management*.
<https://www.doi.org/10.1016/j.wasman.2017.09.023>
70. 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>
71. Zhao, T., Deng, X., Xiao, Q., Han, Y., Zhu, S., & Chen, J. (n.d.). IAA priming improves the germination and seedling growth in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) via regulating the endogenous phytohormones and enhancing the sucrose metabolism. *Industrial Crops and Products*, 155, 112788–112788.
<https://www.doi.org/10.1016/j.indcrop.2020.112788>
72. Zörb, C., Geilfus, C.-M., Mühling, K. H., & Ludwig-Müller, J. (n.d.). The influence of salt stress on ABA and auxin concentrations in two maize cultivars differing in salt resistance. *Journal of Plant Physiology*, 170(2), 220–224. <https://www.doi.org/10.1016/j.jplph.2012.09.012>