

EJONS

Uluslararası Matematik, Mühendislik ve Doğa Bilimleri Dergisi
International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences

Research Article

e-ISSN: 2602 - 4136

<https://doi.org/10.5281/zenodo.17941254>Soya (*Glycine max* L. Merr.) Tohumlarında Farklı Priming Uygulamaları

Vugar GURBANOV ¹, Yusif OSMANLI ¹, Muhammet Anıl AYDIN ¹, Mizgin MEHMET ¹,
Gülsüm ÖZTÜRK ^{1*}

¹ Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, İzmir, Türkiye
Sorumlu Yazar Email: gulsum.ozturk@ege.edu.tr

Makale Tarihçesi

Geliş: 02.10.2025

Kabul: 21.11.2025

Anahtar Kelimeler

Glycine max L.,GA₃,KNO₃,

Osmoprimer,

Çimlenme

Özet: Bu çalışma, soya fasulyesi tohumlarında farklı ön uygulamaların çimlenme gücü ve ortalama çimlenme süresi üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür. Çalışma 2025 yılında Ege Üniversitesi Tohum Teknolojisi Uygulama ve Araştırma Merkezi (TOTEM) laboratuvarlarında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada; GA₃ (500 mg L⁻¹), KNO₃ (2 g L⁻¹), PEG 6000 (300 g/L⁻¹) ve kombinasyonları (PEG 6000 + KNO₃, PEG 6000 + GA₃) şeklinde uygulanmıştır. Çalışma, tesadüf parselleri deneme desenine göre yürütülmüştür. Laboratuvar koşullarında yürütülen çimlenme denemeleri sonucunda, en yüksek çimlenme gücü %93.00 ile PEG 6000 + GA₃ uygulamasında elde edilmiştir. Ortalama çimlenme süresi açısından 2.58 gün ile PEG 6000 + GA₃ uygulaması en iyi performansı göstermiştir. Sonuç olarak, soya fasulyesi tohumlarına osmoprimer (PEG 6000) uygulamasının hormonlar ve inorganik tuzlarla kombinasyonunun, çimlenme ve çıkış üzerine olumlu etki ettiği görülmüştür.

Various Priming Applications in Soybean (*Glycine max* L. Merr.) Seeds

Article Info

Received: 02.10.2025

Accepted: 21.11.2025

Keywords

Glycine max L.,GA₃,KNO₃,

Osmoprimer,

Germination

Abstract: This study was conducted to determine the effects of different pre-treatments on the germination power and mean germination time of soybean. The experiment was carried out in 2025 at the Ege University Seed Technology Application and Research Center (TOTEM) laboratories. In the study, GA₃ (500 mg L⁻¹), KNO₃ (2 g L⁻¹), PEG 6000 (300 g/L⁻¹), and combinations of these substances (PEG 6000 + KNO₃, PEG 6000 + GA₃) were applied to the seeds as pre-treatments. The experiment was arranged in a completely randomized design. As a result of the germination tests conducted under laboratory conditions, the highest germination power was obtained with the PEG 6000 + GA₃ application at 93.00%. The shortest mean germination time was determined to be 2.58 days in the PEG 6000 + GA₃ application. In conclusion, it was observed that the application of osmoprimer (PEG 6000) in combination with hormones and inorganic salts had a positive effect on germination and emergence on soybean seeds.

1. Giriş

Soya fasulyesi (*Glycine max* L.), baklagiller familyasına ait, protein ve yağ içeriği bakımından zengin, ekonomik açıdan önemli bir endüstri bitkisidir. Biyodizel ve diğer biyoyakıtların üretiminde hammadde sağlayan ve bu alanda önemli ekonomik potansiyele sahiptir (Akitha Devi and Giridhar, 2015; Rao and Chaitanya, 2019). Soya fasulyesi tohumları % 39.4 ham protein, %14.0 yağ, % 4.3 nişasta, % 5.6 toplam çözünür şeker, % 0.33 indirgeyici şeker ve % 5.6 sakaroz içermektedir (Sharma ve ark., 2014). 2024 yılı TÜİK verilerine göre Türkiye’de soya fasulyesi 437.1 bin dekar alanda ekilmiş ve toplam soya fasulyesi üretimi 180 bin ton olmuştur (TÜİK, 2025). 2023 yılı FAO verilerine göre dünyada soya fasulyesi 1.37 milyon hektar ekim alanı ve 371.1 milyon ton üretim miktarına sahiptir (FAO, 2025). Dünya nüfusu arttıkça soya fasulyesine olan talep de artmaktadır. Ancak soya fasulyesi üretimi büyük ölçüde tohum kalitesinden etkilenmektedir. Yüksek yağ içeriği nedeniyle, doğal depolama koşulları yaşlanmaya ve bozulmadan dolayı zararlı maddeler oluşabilmektedir. Bu da tohumun canlılığını azaltarak soya fasulyesi verim potansiyelini zayıflatmaktadır (Ziegler ve ark., 2016; Lin ve ark., 2022). Dünyada her geçen gün tohumda kaliteyi artırıcı uygulamalar bitki düzeyinde artarak devam etmektedir. Tohumda priming (ön çimlendirme) uygulamaları, radikul çıkışına izin vermeden tohumların kısmi olarak sulanmasını içeren bir ekim öncesi işlemdir. Çimlenen tohumların çimlenme oranını ve stres toleransını iyileştirir ve fide oluşumunu geliştirmektedir (Li and Liu, 2016). Bitki hormonları veya bitki büyüme düzenleyicileri, prolin gibi ozmolitlerin birikimini artırarak ve bitki hücrelerinde antioksidan enzim aktivitesini iyileştirerek bitkilerde kuraklık toleransını artırmak için kullanılabilir. Bitki hormonlarıyla tohum ön hazırlığına "hormonal ön hazırlığı" da denilmektedir. Bitki hormonları veya bitki büyüme düzenleyicileri, stres koşulları altında bitki büyümesini iyileştirmek için tohum ekim öncesi işlemlere tabi tutulmaktadır (Jisha ve ark., 2013). Tohum ön çimlendirme, bitkileri çeşitli biyotik ve abiyotik streslerden korumak için umut verici bir teknik olarak ortaya çıkmıştır (Van Hulten ve ark., 2006). Bitkiler biyotik veya abiyotik strese maruz kaldığında, ön hazırlama, antioksidan savunma mekanizmaları ve ozmotik ayarlama gibi savunma tepkilerini daha hızlı ve etkili bir şekilde indüklemelerine yardımcı olmaktadır (Jisha ve ark., 2013). Embriyo çıkışından önce kontrollü su emilimini ve ardından kontrollü dehidrasyonu içeren bir yöntem olan priming, çimlenmeyle ilgili olayların başlamasına olanak sağlar ancak kök oluşumunda olumsuz durumlar yaşanabilmektedir. Priming uygulamaları, iç fizyolojik aktiviteleri ve metabolizmayı ayarlayarak tohum çimlenmesinin canlılığını artırmaktadır (Maduo ve ark., 2013). Bu uygulamalar arasında hidropriming, ozmotik priming, hormon, kimyasal madde vb. uygulamalar yer almaktadır (Jisha ve ark., 2013). Tohumların emilim oranını kontrol etme yöntemlerinden biri PEG (Polietilen Glikol)’nin ozmotik çözeltilerini kullanmaktır. Bu madde tohumlar üzerine herhangi bir etki etmeden ve tohum tarafından emilmez, ancak yavaş su emilimini kontrol edebilmektedir. Bu da daha iyi bir tohum çıkışına yol açmaktadır (Yan ve ark., 2020). Kuraklık gibi olumsuz tarla koşullarında bitki direncini ve toleransını artırmak için kullanılan çeşitli tohum ön uygulamaları vardır.

Bu çalışmada soya fasulyesi tohumlarına PEG ile osmopriming, GA₃ (Gibberellik Asit), KNO₃ (Potasyum Nitrat) ve bunların kombinasyonlarının uygulanması ile çimlenme ve çıkış parametrelerinin iyileştirilmesi hedeflenmiştir. Çalışma, laboratuvar ortamında yürütülerek soya fasulyesi tohumlarında homojen ve hızlı çıkışı destekleyen en uygun uygulama yönteminin belirlenmesi amaçlanmaktadır.

2. Materyal ve Yöntem

2.1. Materyal

Çalışmada bitkisel materyal olarak Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümünden temin edilen soya fasulyesi tohumları kullanılmıştır. Tohumlar 2024 yılı hasat

döneminde elde edilmiş olup, çalışmaya alınmadan önce yapılan ön çimlendirme testinde %97 çimlenme yeteneği göstermiştir. Deneme öncesine kadar soya fasulyesi tohumları +4 °C’de, karanlık ve kuru koşullarda muhafaza edilmiştir.

2.2. Araştırma yeri

Bu çalışma, soya fasulyesi tohumlarına yönelik ön uygulamaların gerçekleştirilmesi amacıyla Ege Üniversitesi Tohum Teknolojisi Uygulama ve Araştırma Merkezi (TOTEM) laboratuvarlarında yürütülmüştür.

2.3. Yöntem

Tohum ön uygulamalarına başlamadan önce, denemede kullanılacak soya fasulyesi tohumlarının tohum çimlenme testleriyle canlılıkları belirlenmiştir. Bu testler, ISTA (Uluslararası Tohum Test Birliği) tarafından belirlenen kurallara uygun bir şekilde gerçekleştirilmiştir (ISTA, 2014).

Tohum uygulamaları için denemede kullanılan soya fasulyesi tohumları içerisinde cansız yabancı maddeler, embriyosu zarar görmüş taneler vb. temizlenmiş ve 10 dk % 1’lik Sodyum Hipoklorit (NaClO) uygulanarak yüzey sterilizasyonu yapılmıştır. Sterilizasyon işleminden sonra tohumlar 3-4 kez saf sudan geçirilmiş ve eski nemine ulaşması için 24 saat oda sıcaklığında bekletilmiştir. Daha sonra hormon ve inorganik tuz içeren çözeltiler hazırlanmış; çimlendirme kâğıtları bu çözeltilere batırılmıştır. Her bir uygulama için 50 adet tohum kullanılmış ve Tesadüf Parselleri Deneme Desenine göre 3 tekerrürlü olarak 40 x 40 cm boyutlarındaki çimlendirme kâğıtlarına ekim işlemi gerçekleştirilmiştir.



Şekil 1. Soya fasulyesi tohumlarında priming uygulamaları ve çimlenme aşamaları

Soya fasulyesi tohumları, ISTA (Uluslararası Tohum Test Birliği) tarafından belirlenen kurallara uygun şekilde, VELP FOC 225I marka soğutmalı inkübatörde 25 °C sıcaklıkta denemeye alınmıştır. Çimlendirme boyunca ortam karanlık tutulmuş ve ışık uygulanmamıştır. Kökçüğü (Radicil uzunluğu) 2 mm olan tohum “çimlenmiş” olarak kabul edilmiştir. İlk 3 gün içinde çıkışlar gözlemlenmiş ve 14. günün sonunda çimlenme testi tamamlanmış olup elde edilen veriler değerlendirilmiştir.

2.4. Analiz grupları

Çalışmada soya fasulyesi tohumlarına; kontrol (uygulama yapılmamış), GA₃ (Gibberellik Asit), KNO₃ (Potasyum Nitrat), PEG 6000 (Polietilen Glikol) ve bunların kombinasyonları PEG 6000 + GA₃ ve PEG 6000 + KNO₃ olmak üzere toplam 6 farklı uygulama yapılmıştır. Kullanılan GA₃, KNO₃ ve PEG 6000 kimyasalları toz formunda olup Ege Üniversitesi Tohum Teknolojisi Uygulama ve Araştırma Merkezi (TOTEM) laboratuvarlarından temin edilmiştir. Tüm kimyasallar önerilen şekilde +4 °C’de, ışık ve nemden korunarak saklanmıştır.



Şekil 2. Çalışmada kullanılan fitohormon ve inorganik tuzlar

2.5. Uygulama görmemiş tohumlar (kontrol)

Soya fasulyesi tohumları, yalnızca saf su ile ıslatılmış çimlendirme kâğıtları üzerine yerleştirilmiş ve her birinden 50 adet 3 tekerrürlü olarak çimlendirme kâğıtlarına ekilmiştir.

2.6. PEG 6000 (polietilen glikol) uygulaması

Denemede kullanılan soya fasulyesi tohumları için hazırlanan PEG 6000 (Polietilen Glikol) çözeltisinde (300 g/L⁻¹) 24 saat çalkayıcı içinde sürekli hareket halinde ve havalanma sağlanacak şekilde bekletilmiştir. Bekletme sonrasında PEG 6000 çözeltisinden çıkartılan tohumlar saf su ile 3 kez durulanmıştır. Durulanan tohumlar önceki nemlerine ulaşması amacıyla oda sıcaklığında 24 saat kadar kurutulmuştur. Her bir uygulama için 50 adet tohum, 3 tekerrürlü olarak çimlendirme kâğıtlarına ekilmiştir.

2.7. GA₃ (gibberellik asit) uygulaması

%0.05’lik (500 mg L⁻¹) GA₃ çözeltisi hazırlanmış, çimlendirme kâğıtları bu çözelti ile ıslatıldıktan sonra, rulo katlama yöntemi kullanılarak her bir uygulama için 50 adet soya fasulyesi tohumu 3 tekerrürlü olarak ekilmiştir.

2.8. KNO₃ (potasyum nitrat) uygulaması

% 0.2’lik (2 g L⁻¹) KNO₃ çözeltisi hazırlanmış; çimlendirme kâğıtları bu çözelti ile ıslatıldıktan sonra, rulo katlama yöntemi kullanılarak her bir uygulama için 50 adet soya fasulyesi tohumu 3 tekerrürlü olarak ekilmiştir.

2.9. PEG 6000 + GA₃ uygulaması

PEG 6000 (300 g/L⁻¹) ile ön işlem uygulanmış tohumlar, %0.05'lik (500 mg L⁻¹) GA₃ çözeltisi ile ıslatılan çimlendirme kâğıtları üzerine, rulo katlama yöntemi kullanılarak her bir uygulama için 50 adet tohum, 3 tekerrürlü olarak ekilmiştir.

2.10. PEG 6000 + KNO₃ uygulaması

PEG 6000 (300 g/L⁻¹) ile ön işlem uygulanmış tohumlar, % 0.2'lik (2 g L⁻¹) KNO₃ çözeltisi ile ıslatılan çimlendirme kâğıtları üzerine, rulo katlama yöntemi kullanılarak her bir uygulama için 50 adet tohum, 3 tekerrürlü olarak ekilmiştir.

2.11. Çimlenme ve çıkış testleri

Çimlenme ve çıkış testleri ISTA kuralları kapsamında gerçekleştirilmiş ve aşağıda belirtilen uygulama gruplarında çimlenme oranı (%) ve ortalama çimlenme süreleri (gün) hesaplanmıştır. Hesaplamalar için aşağıda verilen formüllerden yararlanılmıştır.

Çimlenme gücü (%) değeri Larsen and Andreasen (2004) göre belirlenmiştir:

$$\text{Çimlenme gücü (\%)} = \frac{\sum n}{N} \times 100$$

n: Çimlenen/çıkan tohum sayısı,

N: Toplam tohum sayısı.

Çimlenme hızının hesaplanması Pedersen ve ark. (1993) tarafından belirtildiği yapılmıştır:

$$\text{Ortalama Çimlenme/Çıkış Süresi (gün)} = \frac{\sum (g_x \times n_x)}{\sum n_x}$$

g_x: Testin başlangıcından itibaren geçen gün sayısı,

n_x: Belirli bir günde çimlenen tohum sayısı,

Σn_x: Çimlenen toplam tohum sayısı.

2.12. Verilerin istatistiksel analizi

Elde edilen veriler TOTEMSTAT istatistik programı (Acikgoz ve ark., 2004) ile analiz edilmiştir. Ortalamalar ise Steel and Torrie (1980)'e göre Asgari Önemli Fark (AÖF) testiyle karşılaştırılmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

Soya fasulyesi tohumları kontrol (uygulama yapılmamış), GA₃ (Gibberellik Asit), KNO₃ (Potasyum Nitrat), PEG 6000 (Polietilen Glikol), PEG 6000 + GA₃ ve PEG 6000 + KNO₃ olmak üzere toplam 6 farklı uygulamaya tabii tutulmuştur. Uygulamaların ardından gerekli çimlenme testleri gerçekleştirilmiş; elde edilen veriler kullanılarak çimlenme gücü ile ortalama çimlenme süresi hesaplanmıştır. Laboratuvar koşullarında yürütülen çalışmanın çimlenme gücü ve çimlenme süresi sonuçlarına ilişkin AÖF ve F değerleri ile ortalamalar Tablo 1'de verilmiştir.

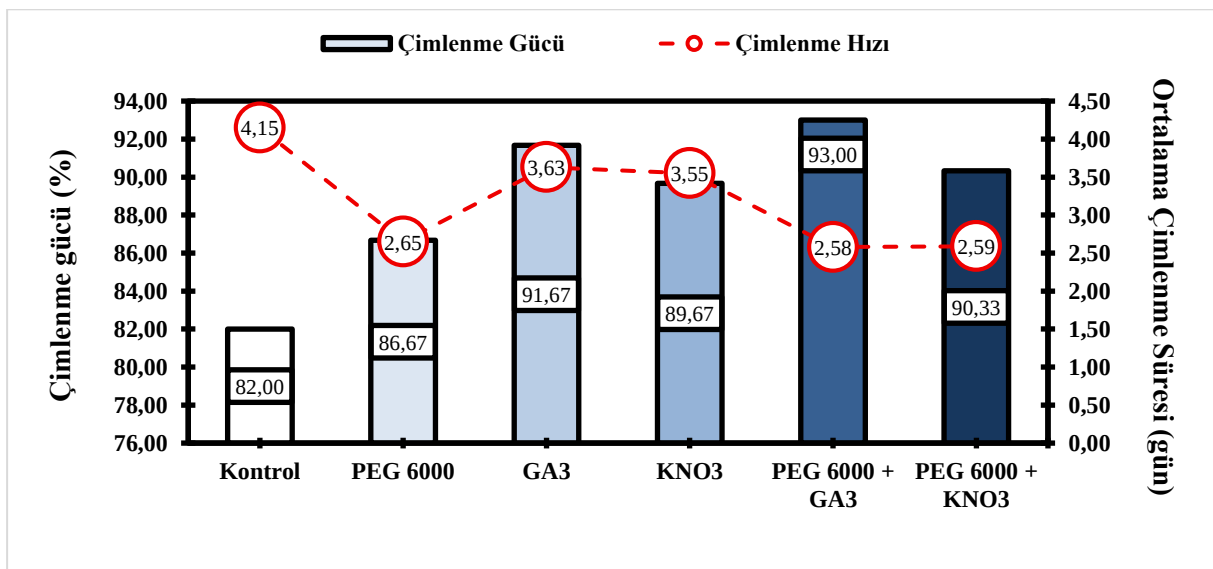
Tablo 1. Soya fasulyesi tohumlarında priming uygulamalarının çimlenme gücü (%) ve ortalama çimlenme süresi (gün) ortalamaları ile AÖF, F değerleri

Uygulamalar	Çimlenme gücü (%)	Ortalama Çimlenme Süresi (gün)
Kontrol	82.00 d	4.15 c
PEG 6000	86.67 c	2.65 a
GA ₃	91.67 ab	3.63 b
KNO ₃	89.67 b	3.55 b
PEG 6000 + GA ₃	93.00 a	2.58 a
PEG 6000 + KNO ₃	90.33 ab	2.59 a
F Değerleri	18.713**	302.235**
AÖF _{0.05}	2.844	0.120

** : p<0.01 olasılık düzeyinde önemli

Soya fasulyesi tohumlarında priming uygulamalarının çimlenme gücü (%) ve ortalama çimlenme süresi (gün) üzerine etkisi Tablo 1’de verilmiştir. Tablo 1’deki F değerleri incelendiğinde çimlenme gücü ve ortalama çimlenme süresi bakımından $p \leq 0.01$ olasılık düzeyinde istatistiki farklılıklar bulunmuştur. Tablo 1’deki soya fasulyesi tohumlarının çimlenme gücü (%) sonuçları karşılaştırıldığında PEG 6000 + GA₃ uygulamasının en yüksek (% 93.00) çimlenme gücü gösterdiği görülmektedir. Bu uygulamaları sırasıyla, GA₃ (% 91.67), PEG 6000 + KNO₃ (% 90.33), KNO₃ (% 89.67) ve PEG 6000 (% 86.67) uygulamaları takip etmiştir. En düşük çimlenme gücü ise % 82.00 ile kontrol grubunda kaydedilmiştir. Burada tüm uygulamalar kontrol grubundan yüksek çimlenme gücüne sahip olmuş olup, bu da yapılan uygulamaların çimlenme gücünü iyileştirme yönünde etkili olduğu şeklinde öne çıkmaktadır. Soya fasulyesi tohumları ortalama çimlenme süresi açısından değerlendirildiğinde 2.58 gün ile PEG 6000 + GA₃ içeren uygulama en erken çimlenme göstermiştir. Bu uygulamayı 2.59 gün ile PEG 6000 + KNO₃ ve 2.65 gün ile PEG 6000 uygulamaları izlemektedir. Kontrol grubu çimlenme süresi 4.15 gün ile en uzun sürede çimlenmiş ve PEG 6000 ile kombinasyonları çimlenme süresini belirgin şekilde kısaltmıştır. Çalışmada kullanılan PEG-6000 (%30. 24 saat) uygulaması, literatürde Wang ve ark. (2023) tarafından bildirilen sonuçlarla örtüşmektedir. İlgili araştırmada, benzer süre ve konsantrasyonda yapılan PEG primingi yaşlı soya tohumlarının canlılığını artırmış, stresi faktörlerini azaltmış ve metabolik süreçlerini düzenlemiştir. Bu bulgular, çalışmamızda kullanılan PEG-6000 ön uygulamasının çimlenme gücünü artırma ve çimlenme süresini kısaltma yönünde önerilebilir. Agawane and Parhe (2015) yaptıkları araştırmada GA₃ ve KNO₃ uygulamalarının kontrol grubuna göre çimlenme gücünü anlamlı düzeyde artırdığını ve çıkışı iyileştirdiğini belirtmişlerdir. Bu bulgular, GA₃ ve KNO₃ içeren priming uygulamalarının çimlenme ve çıkışı artırıcı etkileriyle örtüşmektedir. Erol and Arslanoğlu (2022), farklı soya çeşitlerinde GA₃’ün çimlenme yüzdesini artırıp ortalama çimlenme süresini kısalttığını rapor etmişlerdir. Ayrıca Jaybhave ve ark. (2024), GA₃ ile yapılan priming uygulamasının PEG aracılığıyla oluşturulan osmotik stres koşullarında soya tohumlarının çimlenme oranını anlamlı şekilde artırdığını ve stres toleransını sağladığını bildirmiştir. Bu durum, çalışmamızda elde edilen PEG + GA₃ kombinasyonunun üstün performansı ile benzer olup uyumlu bulunmuştur.

Soya fasulyesi tohumlarında ön uygulamaların çimlenme gücü (%) ve ortalama çimlenme süresi (gün) üzerine etkisi Şekil 3’de verilmiştir.



Şekil 3. Soya fasulyesi tohumlarında çimlenme gücü (%) ve ortalama çimlenme süresi (gün) üzerine farklı ön uygulamaların etkileri

4. Sonuç

Soya fasulyesi tohumlarının çimlenme performansını iyileştirmek için yürütülen bu çalışmada, çimlenme gücü ve ortalama çimlenme süresi özellikleri bakımından uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıkların bulunduğu görülmüştür. En yüksek çimlenme gücü PEG 6000 + GA₃ (%93.00), GA₃ (%91.67) ve PEG 6000 + KNO₃ (%90.33) uygulamalarında elde edilmiştir. Ortalama çimlenme süresini en olumlu şekilde etkileyen uygulamalar ise PEG 6000 + GA₃ (2.58 gün), PEG 6000 + KNO₃ (2.59 gün) ve PEG 6000 (2.65 gün) olmuştur. Sonuç olarak, osmo-priming (PEG 6000) uygulamasının hormonlar ve inorganik tuzlarla kombine edilmesi ile çimlenme performansı üzerine olumlu etki ettiği görülmüştür. Bu bulgular ışığında PEG 6000'in farklı hormon ve tuz kombinasyonları kullanılarak yeni çalışmaların yapılması ve buna yönelik araştırmaların genişletilmesi önerilebilir. Soya fasulyesi için laboratuvar çalışmaları ile birlikte tarla denemelerinin yapılması da büyük önem arz etmektedir.

Yazarların Katkı Beyanı

Yazarlar makaleye eşit katkıda bulunduklarını, makalenin yayına hazır son halini gördüklerini/okuduklarını ve onayladıklarını beyan ederler.

Çıkar Çatışması Beyanı

Tüm yazarlar, bu çalışma için herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan etmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK 2209-A Üniversite Öğrencileri Araştırma Projeleri Destekleme Programı (Proje No: 1919B012465202) kapsamında desteklenmiştir. Proje desteğinden dolayı TÜBİTAK'a teşekkürlerimizi sunarız.

Kaynaklar

- Acikgoz, N., Ilker, E., Gokcol, A., 2004. Assessment of biological research on the computer. Ege University, TOTEM, Izmir.
- Agawane, R.B., Parhe, S.D., 2015. Effect of seed priming on crop growth and seed yield of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. *The Bioscan*, 10(1): 265-270.
- Akitha Devi, M.K., Giridhar, P., 2015. Variations in physiological response, lipid peroxidation, antioxidant enzyme activities, proline and isoflavones content in soybean varieties subjected to drought stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences, India Section B: Biological Sciences*, 85(1): 35–44.
- Erol, S.A., Arslanoglu, S.F., 2022. The effect of different gibberellic acid (GA₃) doses on seed germination properties of some soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] cultivars. *International Journal of Innovative Approaches in Agricultural Research*, 6(4): 340-350.
- FAO, 2025. (<http://www.fao.org/>), (Erişim Tarihi: 05.07.2025).
- ISTA, 2014. International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland.
- Jaybhave, S.G., Deshmukh, A.S., Chavhan, R.L., Patade, V.Y., Hinge, V.R., 2024. GA₃ and BAP phytohormone seed priming enhances germination and PEG induced drought stress tolerance in soybean by triggering the expression of osmolytes, antioxidant enzymes and related genes at the early seedling growth stages. *Environmental and Experimental Botany*, 226: 105870.

- Jisha, K.C., Vijayakumari, K., Puthur, J.T., 2013. Seed priming for abiotic stress tolerance: An overview. *Acta Physiologiae Plantarum*, 35: 1381-1396.
- Larsen, S.U., Andreassen, C., 2004. Light and heavy turfgrass seeds differ in germination percentage and mean germination thermal time. *Crop Science*, 44(5): 1710–1720.
- Li, X., Liu, F., 2016. Drought stress memory and drought stress tolerance in plants: biochemical and molecular basis. Springer International Publishing.
- Lin, Y.X., Xu, H.J., Yin, G.K., Zhou, Y.C., Lu, X.X., Xin, X., 2022. Dynamic changes in membrane lipid metabolism and antioxidant defense during soybean (*Glycine max* L. Merr.) seed aging. *Frontiers in Plant Science*, 13: 908949.
- Maduo, J.J., Wang, Y.C., 2013. Study progress of seed priming techniques, *Seed*, 32: 43–46.
- Pedersen, L.H., Jorgensen, P.E., Pulsen, I., 1993. Effect of seed vigor and dormancy on field emergence, development and grain yield of winter wheat (*Triticum aestivum* L.) and winter barley (*Hordeum vulgare* L.). *Seed Science & Technology*, 21(1): 159-178.
- Rao, D.E., Chaitanya, K.V., 2019. Morphological and physiological responses of seven different soybean (*Glycine max* L. Merr.) cultivars to drought stress. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 22(4): 355–362.
- Sharma, S., Kaur, M., Goyal, R., Gill, B.S., 2014. Physical characteristics and nutritional composition of some new soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) genotypes. *Journal of Food Science and Technology*, 51: 551-557.
- Steel, R.G.D., Torrie, J.H., 1980. Principles and procedures of statistics: A biometrical approach. McGrawHill.
- TÜİK., 2025. Türkiye İstatistik Kurumu. Bitkisel Üretim İstatistikleri. (<https://data.tuik.gov.tr>), (Erişim Tarihi: 05.07.2025).
- Van Hulten, M., Pelsler, M., Van Loon, L.C., Pieterse, C.M.J., Ton, J., 2006. Costs and benefits of priming for defense in Arabidopsis. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 103(14): 5602–5607.
- Yan, M., Xue, C., Xiong, Y., Meng, X., Li, B., Shen, R. and Lan, P., 2020. Proteomic dissection of the similar and different responses of wheat to drought, salinity and submergence during seed germination. *Proteomics*, 220: 103756.
- Ziegler, V., Marini, L.J., Ferreira, C.D., Bertinetti, I.A., Silva, W.S.V., Goebel, J.T., Oliveira, M., Elias, M.C., 2016. Effects of temperature and moisture during semi-hermetic storage on the quality e-evaluation parameters of soybean grain and oil. *Semina: Ciências Exatas e Tecnológicas*, 37: 131–144.