



## Effects of Different Treatments on Germination and Seedling Development of Moringa (*Moringa oleifera* L.) Seeds

Rabia Dilara Yasak<sup>1,a</sup>, Ercan Akay<sup>1,b</sup>, Recep Balkıç<sup>2,c</sup>, Lokman Altınkaya<sup>3,d</sup>, Hamide Gübbük<sup>1,e,\*</sup>

<sup>1</sup>Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, 07058 Antalya/Türkiye

<sup>2</sup>Akdeniz Üniversitesi, Elmalı Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 07700 Elmalı/Antalya/Türkiye

<sup>3</sup>Akdeniz Üniversitesi, Kumluca Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 07350 Kumluca/Antalya/Türkiye

\*Corresponding author

ARTICLE INFO	ABSTRACT
<p>Research Article</p> <p>Received : 07.08.2024 Accepted : 07.10.2024</p> <p>Keywords: <i>Moringa oleifera</i> L. Germination GA<sub>3</sub> PEG Microbial fertilizer</p>	<p>This study consists of two phases: moringa seed germination and seedling development. Firstly, four different treatments (a: Soaking in warm water at 35 °C for 24 hours; b: 24 hours in 1000 ppm GA<sub>3</sub> solution; c: -1MPa polyethylene glycol (PEG) solution for 24 hours; d: 2500 ppm microbial fertilizer solution for 24 hours) were applied to the seeds in addition to the control treatment. In germination trials carried out under controlled conditions, the temperature was set at 25 °C and the relative humidity was above 80%. After seed sowing, germination rate, time and germination energy were determined for each treatment. After germination, the seedlings were transferred to growing medium containing peat and perlite in a 1:1 ratio. Then, NPK, NPK + 2500 ppm microbial fertilizer and NPK + 5000 ppm microbial fertilizer were applied to the seedlings six times with 15 days intervals. After 90 days, plant height, stem diameter, chlorophyll content, stem, root wet and dry weights were determined. The results of the study showed that the best results for seed germination rate, time and energy were obtained by soaking the seeds in warm water at 35 °C for 24 hours before sowing in vials, followed by soaking in 1000 ppm GA<sub>3</sub> solution for 24 hours. Considering the parameters examined in terms of seedling growth and development, the use of standard NPK together with microbial fertilizer gave better results compared to standard NPK. As a result of this study, it was recommended to keep the seeds in warm water at 35°C for 24 hours for seed germination and to use standard NPK with microbial fertilizer for seedling growth.</p>

Türk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 12(s1): 2076-2081, 2024

## Farklı Uygulamaların Moringa (*Moringa oleifera* L.) Tohumlarının Çimlenme ve Fidan Gelişimi Üzerine Etkileri

MAKALE BİLGİSİ	ÖZ
<p>Araştırma Makalesi</p> <p>Geliş : 07.08.2024 Kabul : 07.10.2024</p> <p>Anahtar Kelimeler: <i>Moringa oleifera</i> L. Çimlenme GA<sub>3</sub> PEG Mikrobiyal gübre</p>	<p>Bu çalışma, moringa tohum çimlenmesi ve fidan gelişimi olmak üzere iki aşamadan oluşmaktadır. Öncelikle moringa tohumlarına kontrol dışında, dört farklı uygulama (a: 35°C'deki ılık suda 24 saat bekletme; b: 1000 ppm GA<sub>3</sub> çözeltisinde 24 saat bekletme; c: -1MPa polietilen glikol (PEG) çözeltisinde 24 saat bekletme; d: 2500 ppm mikrobiyal gübre çözeltisinde 24 saat bekletme) yapılmıştır. Kontrollü koşullarda gerçekleştirilen çimlendirme denemelerinde sıcaklık, 25°C ve oransal nemi ise %80'in üzerinde olacak şekilde ayarlanmıştır. Tohum ekiminden sonra, çimlenme oranı, süresi ve çimlenme enerjisi her bir uygulama için belirlenmiştir. Çimlenmeden sonra fidanlar 1:1 oranında torf ve perlit içeren yetiştirme ortamına aktarılmıştır. Daha sonra fidanlara 15 gün ara ile altı defa NPK, NPK + 2500 ppm mikrobiyal gübre ve NPK + 5000 ppm mikrobiyal gübre uygulamaları yapılmıştır. Yetişen bitkilerde 90 gün sonra, bitki boyu, gövde çapı, klorofil miktarı, gövde, kök yaş ve kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Araştırma bulguları, tohum çimlenme oranı, süresi ve enerjisi açısından en iyi sonucun, tohumların viyollere ekimden önce 35°C'deki ılık suda 24 saat bekletme uygulamasının verdiğini göstermiş ve bu uygulamayı 1000 ppm GA<sub>3</sub> çözeltisinde 24 saat bekletme uygulaması izlemiştir. Fidan büyüme ve gelişmesi açısından incelenen parametreler göz önüne alındığında, standart NPK'nın mikrobiyal gübre ile birlikte kullanımı, standart NPK'ya göre daha iyi sonuç vermiştir. Araştırma sonucunda, tohum çimlenmesi açısından 35 °C'deki ılık suda 24 saat bekletme ve fidan gelişimi açısından ise standart NPK'nın mikrobiyal gübre ile birlikte kullanımı tavsiye edilmiştir.</p>

<sup>a</sup> [dilarayasak7@gmail.com](mailto:dilarayasak7@gmail.com)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0005-0362-880X>

<sup>c</sup> [recepalkic@akdeniz.edu.tr](mailto:recepalkic@akdeniz.edu.tr)

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1212-9501>

<sup>e</sup> [gubbuk66@yahoo.com](mailto:gubbuk66@yahoo.com)

<sup>e</sup> <https://orcid.org/0000-0003-3199-0660>

<sup>b</sup> [akay\\_ercan07@gmail.com](mailto:akay_ercan07@gmail.com)

<sup>b</sup> <https://orcid.org/0009-0007-5811-5010>

<sup>d</sup> [altinkaya@akdeniz.edu.tr](mailto:altinkaya@akdeniz.edu.tr)

<sup>d</sup> <https://orcid.org/0000-0002-8163-2530>



## Giriş

Anavatanı Hindistan, Pakistan, Bangladeş ve Afganistan'ın alt Himalaya bölgeleri olan moringa, Moringaceae familyası içerisinde yer almakta ve 13 adet türü bulunmaktadır (Fuglie, 1999). Multifonksiyonel bitki olarak bilinen ve aynı zamanda "mucize ağaç" ya da "yaşam ağacı" olarak tanımlanan moringa (*Moringa oleifera* L.), yüzyıllar boyunca tamamlayıcı tıpta çeşitli hastalıkların tedavisinde ve hastaların genel vücut sağlığının geliştirmesinde kullanılmıştır. Moringa, yüzyıllar boyunca farklı kullanım alanları sayesinde birçok uygarlıklarca yetiştirilmiş ve böylece dünyada tropikal ve subtropikal bölgelere yayılmıştır (Fahey, 2005). En yaygın olarak yetiştirilen tür ise *Moringa oleifera*'dır. Moringa bitkisinin tüm kısımları (kökü, kabuğu, yaprağı, çiçeği, meyvesi ve tohumu) insan ve hayvan beslenmesinden kozmetiğe, biyoyakıt üretiminden yeşil gübreye, çerez, yağ eldesi ve hatta suyun dezenfeksiyonuna kadar birçok alanda kullanılmaktadır. Meyveleri erken dönemde fasulye gibi pişirilerek tüketilmekte, ayrıca tohumu çıkartılarak farklı yemekler yapılmaktadır. Çiçekleri taze olarak ya da çay olarak tüketilmektedir (Fuglie, 1999). Çiçekleri kalsiyum ve potasyum bakımından zengin olup, arılar için nektar kaynağı olarak da kullanılmaktadır. Yapraklarının zeatin bakımından zengin olduğu ve sitokinin kaynağı olarak kullanıldığı bildirilmiştir (Fuglie, 1999). Moringanın tohumları %40 yağ içermekte, yağı çok iyi kalitede olup, parfüm sanayinde ve gaz yağı yapımında kullanılmaktadır. Odunu kâğıt endüstrisinde, ip ve paspas yapımında, kökleri ise öğütülerek salata sosu yapımında kullanılmaktadır (Barminas ve ark., 1998). Moringa bitkisinin Afrika ve Nikaragua'da yapılan çalışmalar sonucunda; insan sağlığı açısından kötü beslenmeyi önlemek ve hastalıklarla savaşmak için besin maddelerince, esansiyel (zorunlu) aminoasitler ve proteince zengin doğal bir tarım ürünü olduğu bildirilmiştir (Booth ve Wickens, 1988). Kırtan fazla antioksidan içeren moringa ayrıca askorbat, karotenoidler, fenoller, potasyum ve kalsiyum bakımından da zengindir. Moringanın 100 g kuru yaprağı; havuçtan 10 kat daha yüksek A vitamini, portakalın yarısı kadar C vitamini, süttan 17 kat daha yüksek kalsiyum, muzdan 15 kat daha yüksek potasyum, ıspanaktan 25 kat daha yüksek demir ve yoğurttan 9 kat daha yüksek protein içermektedir (Sreeramulu ve ark., 1983). Buna ilave olarak Afrika ve Hindistan'da geleneksel olarak kullanılan 539 ilacın içeriğinde yer alan moringanın, 300 hastalığın tedavisinde kullanıldığı bildirilmiştir (Foidl ve ark., 2001).

Hayvan beslenmesi açısından da önemli olan moringanın, karkas ağırlığını %32, günlük süt üretimini %43-65 oranında arttırdığı saptanmıştır. Ayrıca bitkisel gelişim açısından da yaprak gübresi olarak kullanıldığında yüksek oranlarda verimi arttırdığı bildirilmiştir (Culver ve ark., 2012; Singh ve ark., 2013; Afzal ve Iqbal, 2015). Moringa yaprak ekstraktları kullanılarak yapılan bazı ön çimlendirme uygulamalarında bitki gelişiminin teşvik edildiği belirlenmiştir (Basra ve ark., 2011).

Türkiye'de henüz yeni bir tür olan moringa, özellikle Antalya'nın Gazipaşa ve Demre ilçelerinde amatör olarak küçük ölçekli çiftçilerce yetiştirilmeye başlanmış olup, teşvikler neticesinde yeni yeni yayılım göstermektedir. Fakat subtropik koşullara özellikle kışı sert geçen

bölgelerde, fidanların her yıl yeniden dikilmesi gerekmektedir. Bu nedenle, multifonksiyonel özelliğe sahip moringa tohumlarında çimlenme ve fidan yetiştiriciliğinde optimum koşulların belirlenmesi büyük önem arz etmektedir.

Moringa tohumlarının çimlenmesi üzerinde yapılan çalışmalar, tohumlarda çimlenme oranının ön işlemlere göre değişmekle beraber %50 ile %90 oranında değiştiğini ve laboratuvar koşullarında çimlenmenin 4-10 gün arasında tamamlandığını göstermektedir (Onyekwelu ve Olabiwonnu, 2010; Mubvuma ve ark., 2013; Korsor ve ark., 2016; Hassanein ve Al-Soqeer, 2017; Nunez-Gastelum ve ark., 2023). Barraza (2017) ve Montilla-Mota ve ark. (2017), moringa tohumlarını 24 saat suda bekletmenin çimlenmeyi hızlandırdığını bildirmişlerdir. Ahmad ve ark. (2020), moringa tohumlarını iki farklı bitkiden (*Glycyrrhiza glabra* ve *Ammi majus*) elde edilen ekstraktlarda bekletmişlerdir. Araştırmacılar, kontrol uygulamasında tohumlarda çimlenme oranını %80 olarak belirlemişler, buna karşın tohumlarda en yüksek çimlenme oranı %86,6 ile 10 ppm *Ammi majus* bitkisinden elde edilen ekstraktta bekletme uygulamasından saptamışlardır. Alshoabi (2021), moringa tohumlarının çimlenmesi üzerine farklı ortam derecelerinin (15°C, 25°C ve 35°C) etkilerini araştırmıştır. Araştırmacı, tohumların çimlenmesi için en uygun sıcaklık derecesini 25°C olarak belirlemiş, ancak çimlenme sonrası fizyolojik gelişimin ise 35°C de daha iyi olduğunu bildirmiştir. Öte yandan literatürde moringa tohumlarının çimlenmesinden sonra farklı gübre uygulamaları ile fidan yetiştiriciliği yapıldığı bir çalışmaya rastlanmamıştır. Ancak Sreehari ve ark. (2022), farklı ortamlarda çimlendirilen tohumlardan elde edilen fidanların gelişmelerini incelemişlerdir. Araştırmacılar 11 farklı yetiştirme ortamının moringada fidan gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlar ve %50 toprak+%25 vermikülit+%25 perlitten oluşan yetiştirme ortamının incelenen parametreler açısından en iyi sonucu verdiğini bildirmişlerdir.

Ülkemiz için henüz çok yeni bir tür olan moringanın yaygınlaştırılması, ancak türün çoğaltılması ve fidan gelişimi için en uygun şartların belirlenmesi ile mümkündür. Bilindiği üzere günümüzde meyve ve sebze yetiştiriciliğinde kültürel işlemlerden gübreleme (organik veya kimyasal) rutin olarak yapılmaktadır. Bunlara ilave olarak mikrobiyal gübreleme son zamanlarda önem kazanmış olup özellikle yapılan organik veya kimyasal gübrelerin bitki tarafından alınabilirliğini arttırmaktadır (Javorekova ve ark. 2015; Altunlu 2021).

Bu araştırmada, moringa tohumlarına ekimden önce yapılan bazı uygulamalar ile çimlenmeden sonra rutin gübrelemenin yanı sıra, farklı dozda mikrobiyal gübre uygulamalarının, rutin gübreleme ile birlikte kullanımının fidanlarda büyüme ve gelişmesi üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

## Materyal ve Metod

Çalışmada Güney Amerika menşeli, araştırma amaçlı gönderilen *Moringa oleifera* L. türüne ait tohumlar kullanılmıştır. Araştırma, tohum çimlendirmesi ve fidan yetiştiriciliği olmak üzere iki aşamadan oluşmakta olup ilgili çalışmalar, 2021-2022 yılları arasında Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama

Arazisinde yürütülmüştür. Çalışmada kullanılan mikrobiyal gübre sıvı formda olup (toplam canlı mikroorganizma sayısı  $1 \times 10^7$  kob/ml) *Bacillus megaterium*, *Paenibacillus polymyxa*, *Pantoea agglomerans*, *Pseudomonas fluorescens* bakterilerini içermektedir.

### Tohum Çimlendirmesi

Tohum çimlendirme aşamasında, tohumlara ekimden önce aşağıda belirtilen ön işlemler uygulanmıştır;

- Kontrol
- 35°C'deki ılık suda 24 saat bekletme
- 1000 ppm giberellik asit (GA<sub>3</sub>) çözeltisinde 24 saat bekletme
- -1MPa polietilen glikol (PEG) çözeltisinde 24 saat bekletme
- 2500 ppm (mikrobiyal gübre) çözeltisinde 24 saat bekletme

Tohum çimlendirmesinde ortam olarak 2:1 oranında torf:perlit karışımı kullanılmıştır. Ön işlem uygulanan tohumlar, 45'lik plastik viyollere ekilmişlerdir. Tohumlarda çimlendirme çalışmaları, iklimlendirme odasında kontrollü koşullarda yürütülmüştür. İklimlendirme odasının sıcaklığı 25°C ve oransal nemi ise %80'in üzerinde olacak şekilde ayarlanmıştır.

Tohumlarda çimlenme, 20 gün boyunca günlük takip edilmiş ve çimlenme süresince aşağıda bildirilen gözlemler yapılmıştır.

**Çimlenme oranı (%):** Çimlenen tohum sayısı, toplam ekilen tohum sayısına oranlanarak hesaplanmıştır. (Güneş ve ark., 2013).

**Ortalama çimlenme süresi (gün):** Ellis ve Roberts (1981)'e göre aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır.

- $MGT = \frac{\sum TiNi}{\sum N}$
- MGT: Ortalama çimlenme süresi
- Ti : Ekimden sonra kaçınıcı günde gözlem yapıldığını belirtir
- Ni : Gözlem yapıldığı gün çimlenen tohum sayısını belirtir
- N : Toplam çimlenen tohum sayısı

**Çimlenme enerjisi:** Tohum ekiminden çimlenme sonuna kadar geçen sürenin yarısına kadar çimlenen tohum sayısı, toplam çimlenen tohum sayısına oranlanarak (%) hesaplanmıştır (Karaguzel ve ark., 2002).

### Fidan Yetiştiriciliği

Tohum çimlenmesi tamamlandıktan sonra fidanlar 1:1 oranında torf ve perlit içeren, 15x35 cm boyutlu plastik torbalara aktarılmıştır ve deneme cam fidan yetiştirme serasında yürütülmüştür. Fidan yetiştiriciliği aşamasında üç farklı uygulama denemeye alınmış, bu uygulamalara aşağıda yer verilmiştir.

- NPK
- NPK + 2500 ppm (mikrobiyal gübre)
- NPK + 5000 ppm (mikrobiyal gübre)

Çalışmada, her fidan tüpüne 3 g olacak şekilde 20:20:20 oranında NPK içeren gübre ilave edilmiştir. Fidanların plastik torbalara aktarılmasından 20 gün sonra her 15 günde bir NPK ve uygulamalara göre değişmekle beraber yukarıda belirtilen dozlarda hazırlanan çözeltiden 100 ml mikrobiyal gübre (MG) ilave edilmiştir. Ayrıca bitkilerde toprak nem durumuna göre

eşit miktarda sulama yapılmıştır. Çalışma 75 gün boyunca devam ettirilmiş ve araştırma sonucunda aşağıda bildirilen gözlem ve ölçümler yapılmıştır.

**Gövde çapı (cm):** Toprak yüzeyinin 5 cm üzerinden dijital bir kumpas yardımı ile ölçülerek belirlenmiştir.

**Bitki boyu (cm):** Gövdenin kök boğazı kısmı ile en uç büyüme noktası arasındaki mesafe, şerit metre ile ölçülerek belirlenmiştir.

**Klorofil miktarı (SPAD):** Bitkilerde klorofil miktarı SPAD 502 marka klorofil ölçer cihaz ile ölçülerek belirlenmiştir.

**Gövde yaş ağırlık (g/bitki):** Her bitkinin toprak üstü kısmı hassas terazide tartılarak g ( $\pm 0,1$ ) yaş ağırlıkları belirlenmiştir.

**Kök yaş ağırlık (g/bitki):** Her bitkinin toprak altı kısmı hassas terazide tartılarak g ( $\pm 0,1$ ) yaş ağırlıkları belirlenmiştir.

**Gövde kuru ağırlık (g/bitki):** Yaş ağırlıkları belirlenen toprak üstü kısmı 65°C etüvde sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulduktan sonra kuru ağırlık g olarak belirlenmiştir.

**Kök kuru ağırlık (g/bitki):** Yaş ağırlıkları belirlenen toprak altı kısmı, etüvde 65°C'de sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuş ve kuru ağırlık g olarak belirlenmiştir.

### İstatistiksel Analiz

Araştırma üç tekerrürlü olarak, tesadüf parselleri deneme desenine göre planlanmıştır. Tohum çimlenmesinde her tekerrürde 15 tohum, fidan yetiştiriciliğinde ise her tekerrürde 10 bitki olacak şekilde planlanmıştır. Araştırmada toplam 225 adet (5 uygulama  $\times$  3 tekerrür  $\times$  15 tohum) tohum ile toplam 90 adet (3 uygulama  $\times$  3 tekerrür  $\times$  10 fidan) fidan kullanılmıştır. Çalışma sonucunda elde edilen tüm verilerin varyans analizi XLSTAT programında yapılmış ve ortalamaların karşılaştırılmasında Asgari Önemli Fark (AÖF) testi kullanılmıştır. Ayrıca fidan yetiştirme aşamasında elde edilen sonuçlarda temel bileşen analizleri yapılmış olup bu analiz için de XLSTAT programı kullanılmıştır.

### Bulgular ve Tartışma

Tohumlara yapılan uygulamaların, tohumların çimlenme oranı (%), ortalama çimlenme süresi (gün) ve çimlenme enerjisi (%) üzerine etkileri Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelge 1'de, tohumlarda en yüksek çimlenme oranı %86,66 ile 35 °C ılık suda bekletme uygulamasından belirlenmiştir. Çimlenme oranı üzerine, 35°C ılık su uygulaması dışındaki kontrol dahil tüm uygulamalar istatistiksel olarak aynı grup içerisinde yer almıştır. Uygulamaların ortalama çimlenme süresi üzerine etkileri incelendiğinde, kontrol dışındaki uygulamaların tohumlarda ortalama çimlenme süresini kısalttığı saptanmıştır. Ortalama en kısa çimlenme süresi 9,12 gün ile çimlenme oranında olduğu gibi 35°C ılık suda bekletme uygulamasında saptanmıştır. Ortalama en uzun çimlenme süresi ise 11,10 gün ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 1). Çimlenme enerjisi üzerine uygulamaların etkisi incelendiğinde ise diğer kriterlerde olduğu gibi en yüksek çimlenme enerjisi (%77,93), incelenen diğer iki kriterde olduğu gibi 35°C ılık suda bekletme uygulamasında saptanmıştır.

Çizelge 1. Moringa tohumlarında farklı uygulamaların tohumlarda çimlenme oranı, ortalama çimlenme süresi ve çimlenme enerjisi üzerine etkileri

Table 1. Effects of different treatments on germination rate, mean germination time and germination energy in Moringa seeds

Uygulamalar	Çimlenme Oranı (%)	Ortalama Çimlenme Süresi (gün)	Çimlenme Enerjisi (%)
Kontrol	77,77b	11,10a	47,8d
Ilık Su (35 °C)	86,66a	9,12d	77,93a
GA <sub>3</sub> (1000 ppm)	77,77b	10,40c	62,47b
PEG (-1MPa)	75,55b	10,75b	39,21e
Mikrobiyal Gübre (2500 ppm)	73,33b	10,53bc	51,88c
AÖF <sub>%5</sub>	4,973	0,301	2,738

Çizelge 2. Farklı gübre uygulamalarının moringa fidanlarda gövde çapı ve bitki boyu ile klorofil miktarı üzerine etkileri

Table 2. Effects of different fertilizer applications on stem diameter, plant height and chlorophyll content in moringa seedlings

Uygulamalar	Gövde Çapı (mm)	Bitki Boyu (cm)	Klorofil (SPAD)
NPK	4,31b	89,42a	32,42a
NPK + 2500ppm MG	4,57ab	84,80b	30,67b
NPK + 5000 ppm MG	4,66a	74,62c	29,39c
AÖF <sub>%5</sub>	0,273	2,969	0,652

Çizelge 3. Farklı gübre uygulamalarının fidanlarda gövde ve kök yaş ağırlığı ile kuru ağırlıkları üzerine etkileri

Table 3. Effects of different fertilizer applications on stem and root wet weight and dry weight of seedlings

Uygulamalar	Gövde Yaş Ağırlığı (g)	Kök Yaş Ağırlığı (g)	Gövde Kuru Ağırlığı (g)	Kök Kuru Ağırlığı (g)
NPK	130,39	48,15c	20,13b	8,72c
NPK + 2500ppm MG	133,97	73,99b	20,85b	15,11b
NPK + 5000 ppm MG	136,37	134,39a	23,47a	17,50a
AÖF <sub>%5</sub>	Ö,D,	9,922	0,913	1,959

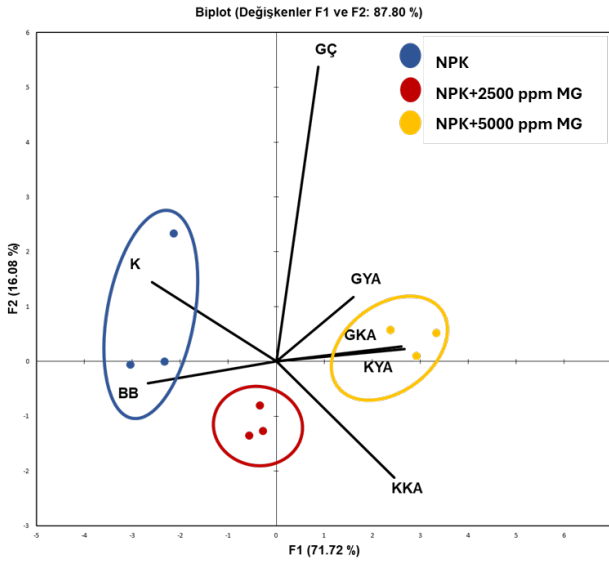
Farklı gübre uygulamalarının fidanlarda gövde çapı (mm), bitki boyu (cm) ve klorofil miktarı (SPAD) üzerine etkileri Çizelge 2’de verilmiştir. Uygulamaların fidanlarda gövde çapı üzerine etkileri incelendiğinde, istatistiksel olarak iki ana ve bir ara grubun olduğu görülmektedir. En yüksek gövde çapı 4,66 mm ile NPK + 5000 ppm MG uygulamasından ve en düşük gövde çapı ise 4,31 mm ile NPK uygulamasından elde edilmiştir. Bitki boyu üzerine uygulamaların etkisi incelendiğinde ise gövde çapının aksine en yüksek bitki boyu 89,42 cm ile NPK uygulamasından ve en düşük bitki boyu ise 74,62 cm ile NPK + 5000 ppm MG uygulamasından elde edilmiştir. Farklı dozlarda gübre uygulamalarının bitki yapraklarındaki klorofil miktarı üzerine etkisi incelendiğinde, bitki boyunda olduğu gibi en yüksek klorofil miktarı 32,42 SPAD değeri ile NPK uygulamasında, en düşük klorofil miktarı ise 29,39 SPAD değeri ile NPK + 5000 ppm MG uygulamasından elde edilmiştir.

Farklı gübre uygulamalarının fidanlarda gövde ve kök yaş ağırlığı (g) ile her iki kısmın kuru ağırlıkları (g) üzerine etkileri Çizelge 3’te verilmiştir. Bu çizelgede de görüldüğü gibi uygulamaların gövde yaş ağırlığı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Ancak uygulamalar arasında doz ve gövde yaş ağırlığının doğrusal oranda artış gösterdiği tespit edilmiştir. Gövde yaş ağırlığının aksine, uygulamaların kök yaş ağırlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Uygulamaların kök yaş ağırlığı üzerine etkileri incelendiğinde, en yüksek ağırlık 134,39 g ile NPK + 5000 ppm MG uygulamasından ve en düşük ise 48,15 g ile NPK’nın bağımsız uygulamasından elde edilmiştir. Farklı gübre uygulamalarının gövde kuru ağırlığı üzerine etkisi incelendiğinde, NPK ve NPK + 2500

ppm MG uygulamaları aynı istatistik grup içerisinde yer almış ve değerler sırası ile 20,13 ve 20,85 olarak kaydedilmiştir. En yüksek gövde kuru ağırlığı ise 23,47 g ile NPK + 5000 ppm MG uygulamasından saptanmıştır. Kök kuru ağırlığı üzerine uygulamaların etkisi incelendiğinde, Çizelge 3’te verilen diğer kriterlerde olduğu gibi dozlar ve değerler arasında doğrusal ilişki kaydedilmiş, en düşük kök kuru ağırlık 8,72 g ile NPK uygulamasında ve en yüksek kök kuru ağırlığı ise 17,50 g ile NPK + 5000 ppm MG uygulamasında saptanmıştır.

Fidan yetiştiriciliği aşamasında incelenen tüm kriterler dikkate alınarak belirlenen temel bileşen analizi Şekil 1’de verilmiştir. Şekil 1 incelendiğinde NPK uygulamasının bitki boyu ve klorofil miktarı üzerine olumlu etkisinin olduğu izlenebilmektedir. Fidanlara NPK gübresi yanında uygulanan mikrobiyal gübre dozlarındaki artış gövde çevresi ile gövde ve kök yaş ağırlığının yanı sıra kuru ağırlıklarında da artış meydana getirdiği yine Şekil 1’den izlenebilmektedir. Yapılan temel bileşen analizi ile incelenen kriterler arasında da ilişkiler belirlenmiş olup özellikle bitki boyu ve klorofil içeriği arasında pozitif bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Bununla beraber gövde ve köke ait yaş ve kuru ağırlıklar arasında pozitif yönde ilişki tespit edilmiş ve özellikle gövde kuru ağırlığı ile kök yaş ağırlığı arasında kuvvetli pozitif ilişki belirlenmiştir. Ayrıca bitki boyu ile gövde kuru ve kök yaş ağırlığı arasında kuvvetli negatif ilişki olduğu tespit edilmiştir.

Yürütülen bu araştırmanın ilk aşamasında, farklı uygulamaların tohum çimlenmesi üzerine etkileri incelenmiş, uygulamalara göre değişimle birlikte çimlenme oranı %73,33 ile %86,66, ortalama çimlenme süresi 9,12 gün ile 11,10 gün ve çimlenme enerjisi ise %39,21 ile 77,93 arasında değişim göstermiştir.



Şekil 1. Farklı gübre uygulamalarına bağlı olarak moringa fidanlarında incelenen parametrelere ait temel bileşen analizi sonuçları

GÇ: Gövde Çapı, BB: Bitki Boyu, K: Klorofil, GYA: Gövde Yaş Ağırlığı, KYA: Kök Yaş Ağırlığı, GKA: Gövde Kuru Ağırlığı, KKA: Kök Kuru Ağırlığı

Figure 1. Results of principal component analysis of the parameters examined in moringa seedlings based on different fertilizer applications

Moringa tohumlarının çimlenmesi üzerine yapılan çalışmalarda, çimlenme oranının %50-90 arasında, çimlenme süresinin ise 4-10 gün arasında değiştiği bildirilmiştir (Onyekwelu ve Olabiwonnu, 2010; Mubvuma ve ark., 2013; Korsor ve ark., 2016; Hassanein ve Al-Soqeer, 2017; Nunez-Gastelum ve ark., 2023). Bulgularımızın, bu çalışmalar ile uyum içinde olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte, bulgularımız sonucu saptanan en düşük çimlenme süresi, diğer çalışmalardan biraz yüksek, en yüksek çimlenme oranı ise diğer çalışmalara yakın saptanmıştır. Nitekim en yüksek çimlenme oranı, en düşük ortalama çimlenme süresi ve en yüksek çimlenme enerjisi 35°C ılık suda 24 saat bekletme uygulamasından elde edilmiştir. Çalışmanın ikinci basamağını oluşturan fidan yetiştirme aşamasında, fidanlara standart NPK gübresi uygulanmasının yanı sıra, 2 farklı dozda mikrobiyal gübre uygulaması yapılmıştır. Mikrobiyal gübre dozu arttıkça gövde çapında artış belirlenirken, bitki boyu ve klorofil miktarında düşüş saptanmıştır. Ancak bitki boyu ve klorofil miktarının aksine, mikrobiyal gübre dozları arttıkça gövde ile kök yaş ve kuru ağırlıklarında artışlar saptanmıştır. Fidan yetiştiriciliğinde, bitki boyundan ziyade, gövde çapının da önemli olduğu göz önüne alınır, mikrobiyal gübrenin standart NPK ile birlikte kullanımının daha avantajlı olduğu düşünülmektedir. Katoriya ve ark. (2021), moringa tohumlarında farklı GA<sub>3</sub> dozlarının fidan gelişimi üzerine etkisini araştırmışlar ve çimlenmeden 45 gün sonra fidanlarda gövde yaş ağırlığının uygulamalara göre değişmekle beraber 11,6 g ile 18,33 g, gövde kuru ağırlığının 2,97 g ile 5,65 g arasında olduğunu belirlemişlerdir. Aynı araştırmacılar kök yaş ağırlığının 3,87 g ile 6,01 g, kök kuru ağırlığının ise 0,77 ile 1,94 g arasında olduğunu bildirmişlerdir. Bulgularımız, Katoriya ve ark. (2021)'nin bulguları ile farklılık göstermektedir.

Çalışmamızda elde edilen yaş ve kuru ağırlıkların Katoriya ve ark. (2021)'nin bulgularına göre çok yüksek olmasının nedeni, gübre uygulamaları ile ilişkilendirilebilir. Bulgularımız ayrıca Shreehari ve ark. (2022) tarafından yürütülen çalışma ile de farklılık göstermiştir. Nitekim Shreehari ve ark. (2022), farklı yetiştirme ortamlarına ekilen tohumların, çimlenmeden sonra fidan gelişimi incelemişlerdir. Araştırmacılar, 90 günün sonunda gövde ve köke ait yaş ile kuru ağırlıkları tespit etmişlerdir. Uygulamalara göre değişmekle beraber gövde yaş ağırlığının 12,43 g ile 21,48 g, gövde kuru ağırlığının 5,46 g ile 10,50 g arasında, kök yaş ağırlığının 6,09 g ile 8,54 g, kök kuru ağırlığının 2,37 g ile 3,90 g arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bulgularımız sonucu saptanan yaş ve kuru ağırlığın, her iki çalışmaya göre yüksek saptanması, moringada gübre kullanımının fidan yetiştiriciliğine olumlu yönde yansması olarak gösterilebilir.

## Sonuç

Araştırma sonuçları; tohum çimlenme oranı, süresi ve enerjisi açısından denenen uygulamalar arasında en iyi sonucun, tohumların ekimden önce 35 °C ılık suda 24 saat bekletme uygulaması olduğunu göstermiştir. Bitkisel özellikleri ile ön plana çıkan, yaprakları ve kökleri ilaç sanayinde tercih edilen moringanın yetiştiriciliğinde standart gübreleme ile mikrobiyal gübre uygulamalarının birlikte kullanılması tavsiye edilmiştir.

## Teşekkür

Bu çalışma, TÜBİTAK 2209-B “Sanayiye Yönelik Lisans Araştırma Projeleri Destekleme Programı” kapsamında desteklenmiştir. Yazarlar TÜBİTAK’a teşekkür etmektedir. Ayrıca yazarlar, destekleme programı kapsamında sanayi danışmanı Onur ÇALIK (Naturmed İlaç Kimya ve Kozmetik)’a da teşekkür etmektedir.

## Kaynaklar

- Afzal, M. I., & Iqbal, M. A. (2015). Plant nutrients supplementation with foliar application of allelopathic water extracts improves wheat (*Triticum aestivum* L.) yield. *Advance in Agriculture and Biology*, 4, 64–70. <https://doi.org/10.15192/PSCP.AAB.2015.4.2.6470>
- Ahmad, T. A., Ahmad, F. K., Rasul, K. S., Aziz, R. R., Omer, D. A., Tahir, N. A. R., & Mohammed, A. A. (2020). Effect of some plant extracts and media culture on seed germination and seedling growth of *Moringa oleifera*. *Journal of Plant Production*, 11(7), 669-674. <https://doi.org/10.21608/jpp.2020.110586>
- Alshoaibi, A. (2021). Seed germination, seedling growth and photosynthetic responses to temperature in the tropical tree *Moringa oleifera* and Its relative desert, *Moringa peregrina*. *Egyptian Journal of Botany*, 61(2), 541-551. <https://doi.org/10.21608/ejbo.2021.63271.1631>
- Altunlu, H. (2021). Mikrobiyal gübre ve verimkompost uygulamalarının baş salata (*Lactuca sativa* L. var capitata) yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, verim ve nitrat içeriğine etkisi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34(1), 135-140. <https://doi.org/10.29136/mediterranean.801439>
- Barninas, J. T., Milam Charles, & Emmanuel D. (1998). Mineral composition of non-conventional leafy vegetables. *Plant Foods for Human Nutrition* 53 (1): 29-36. <https://doi.org/10.1023/A:1008084007189>

- Barraza, A. (2017). Germinación de semillas de moringa (*Moringa oleifera* Lam.) en diferentes tiempos de imbibición en agua. *Revista UDCA Actualidad & Divulgación Científica*, 20(1), 71-77. <https://doi.org/10.31910/rudca.v20.n1.2017.64>
- Basra, S. M. A., Iftikhar, M. N., & Irfan, A. (2011). Potential of moringa (*Moringa oleifera*) leaf extract as priming agent for hybrid maize seeds. *International Journal of Agriculture and Biology* 13(6), 1006-1010.
- Booth F. E., & Wickens G. E. (1988). Non-timber uses of selected arid zone trees and shrubs in Africa (No. 19). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*.
- Culver, M., Fanuel, T. & Chiteka, A. Z. (2012). Effect of moringa extract on growth and yield of tomato. *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 2(5), 207–211.
- Ellis, R. H., & Roberts, E. H. (1981). The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9(2), 373-409.
- Fahey, J. W. (2005). *Moringa oleifera*: A Review of the medicinal evidence for its nutritional, therapeutic and prophylactic properties, *Trees for life Journal*, 1 (5), 1-15.
- Foidl, N., Makkar, H. P. S., & Becker, K. (2001). The potential of *Moringa oleifera* for agricultural and industrial uses. In: Fuglie, L.J. (eds.), *The miracle tree: the multiple attributes of moringa*, pp: 45–76. Wageningen, The Netherlands.
- Fuglie L. J. (1999). *The miracle tree: Moringa oleifera: Natural nutrition for the tropics*. Church World Service.
- Gunes, E., Gubbuk, H., Ayala-Silva, T., Gozlekci, S., & Ercisli, S. (2013). Effects of various treatments on seed germination and growth of carob (*Ceratonia siliqua* L.). *Pakistan Journal of Botany*, 45(4), 1173-1177.
- Hassanein, A. M. A., & Al-Soqeer, A. A., 2017. Evaluation of seed germination and growth characteristics of *Moringa oleifera* and *M. peregrina* under laboratory, greenhouse and field conditions. *International Journal of Agriculture and Biology*, 19(4), 873–879. <https://doi.org/10.17957/IJAB/15.0381>
- Javorekova, S., Makova, J, Medo, J., Kovacsova, S., Charousova, I., & Horak, J. (2015). Effect of bio-fertilizers application on microbial diversity and physiological profiling of microorganisms in arable soil. *Eurasian Journal of Soil Science* 4, 54-61. <https://doi.org/10.18393/ejss.07093>
- Karaguzel, O., Baktir, I., Cakmakci, S., Ortacesme, V., Aydinoglu, B., & Atik, M. (2002). Effects of scarification methods, temperature and sowing date on some germination characteristics of *Lupinus varius* L. In: 2nd National Congress on Ornamental Plants, October 22-24, Antalya, Turkey. pp: 40-47.
- Katoriya, R. S., Singh, K. V., & Singh, R. P. (2021). Effect of seed priming on drumstick (*Moringa oleifera* L.) seedling growth with different concentrations of gibberellic acid. *The Pharma Innovation*, 10(11), 1817-1821.
- Korsor, M., Ntahonshikira, C., Kwaambwa, H. M., & Bello, H. M. (2016). Comparative performance of *Moringa oleifera* and *Moringa ovalifolia* seeds and seedlings establishment in central Namibia. *Net Journal of Agricultural Science*, 4(2), 35–44.
- Montilla-Mota, J. J., Amundaray, W. G., & Estiven, G. C. (2017). Tratamientos pregerminativos en semillas de moringa y su efecto en variables agronómicas. *Pastos Forrajeros* 40 (3), 188–194.
- Mubvuma, M. T., Mapanda, S., & Mashonjowa, E. (2013). Effect of storage temperature and duration on germination of moringa seeds (*Moringa oleifera*). *Greener Journal of Agricultural Sciences*, 3(5), 427–432. <https://doi.org/10.15580/GJAS.2013.3.121912328>
- Onyekwelu, J. C., & Olabiwonna, A. A. (2010). Seed germination and early growth of *Moringa oleifera* seedlings. *Forests and Forest Products Journal*, 3, 12–19.
- Núñez-Gastélum, J. A., Arguijo-Sustaita, A. A., López-Díaz, J. A., Díaz-Sánchez, A. G., Hernández-Peña, C. C., & Cota-Ruiz, K. (2023). Seed germination and sprouts production of *Moringa oleifera*: A potential functional food?. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 22(4), 223-230. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2022.12.002>
- Singh, S., Mishra, S. P., Singh, P. & Prasad, R. S. (2013). *Moringa oleifera* leaf extract as biostimulant for increasing pea yield. *Indian Forester* 139, 562–563.
- Sreehari, S., Singh, D., Wesley, C. J., & Bahadur, V. (2022). Effect of seed germination and seedling vigour in different soil media for the establishment of annual drumstick (*Moringa oleifera* L.) cv. PKM-1. *International Journal of Environment and Climate Change*, 12, 1401-1407. <https://doi.org/10.9734/ijecc/2022/v12i1131119>
- Sreeramulu, N., Godwin, D., & Mtotomwema, K. (1983). Effect of cooking on the nutritive value of common food plants of Tanzania: Part 1-Vitamin C in some of the wild green leafy vegetables. *Food Chemistry*, 10(3): 205-210. [https://doi.org/10.1016/0308-8146\(83\)90056-0](https://doi.org/10.1016/0308-8146(83)90056-0)