



Konferans Bildirisi

Trisiloksan ve Polihidroksikarboksilik Asitlerin (PHCA) Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.) Yetiştiriciliğinde Su Ayak İzini Azaltmadaki Etkileri

Veli İLHAN^{1*}, Ceren Başak BOZELİ², Ali Fuat TARI³, Osman ÇOPUR⁴, Onur BALCI⁵

¹ Latro Kimya Ar-Ge Merkezi, İstanbul, Türkiye, Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0008-4024-1550>, E-mail: vilhan@latro.com.tr

² Iskur Denim Ar-Ge Merkezi, Kahramanmaraş, Türkiye, Orcid ID: <https://orcid.org/0009-0001-3917-4812>, E-mail: ceren.sungur@iskurdenim.com

³ Tarımsal Yapılar ve Sulama, Ziraat Fakültesi, Harran Üniveristesi, Şanlıurfa, Türkiye, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-9157-1682>, E-mail: aftari@harran.edu.tr

⁴ Tarla Bitkileri, Ziraat Fakültesi, Harran Üniversitesi, Şanlıurfa, Türkiye, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0003-1043-9394>, E-mail: ocopur@harran.edu.tr

⁵ İnovaktif Ar-Ge Danışmanlık, Kahramanmaraş, Türkiye, Orcid ID: <https://orcid.org/0000-0001-6885-7391>, E-mail: obalci@aktifarge.com

* Sorumlu Yazar: vilhan@latro.com.tr; mobile phone: +90 507 933 33 17

Received: 24 July 2025

Revised: 22 August 2025

2nd Revised: 23 November 2025

3rd Revised: 09 December 2025

Accepted: 14 December 2025

Published: 31 December 2025

This is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license.

Reference: İlhan, V., Bozeli, C. B., Tari, A. F., Çopur, O., & Balci, O. (2025). The effects of trisiloxane and polyhydroxycarboxylic acids (PHCA) on reducing the water footprint in cotton (*Gossypium hirsutum* L.) cultivation. *Orclever Proceedings of Research and Development*, 7(1), 177–190.

Özet

Pamuk tüm dünyada üretimi yapılan en önemli endüstriyel ürünlerin başında gelmektedir. Fakat ülkemiz de dahil olmak üzere pamuk yetiştirilirken oldukça fazla miktarda su tüketimi gerçekleşmektedir. Son yıllarda pamuk yetiştiriciliği yapılırken pamuk kalitesine verilen önem kadar su ayak izinin de azaltılmasına önem verilmektedir. Bu çalışmada, pamuk bitkisi yetiştirilmesi esnasında su ayak izinin azaltılması hedeflenmiştir. Bu kapsamda Trisiloksan ve



Polihidroksikarboksilik Asitler (PHCA)'den yararlanılmıştır. Çalışmada 2 Temel grup oluşturulmuştur. İlk grup tamamen %100 sulama yapılan gruptur. Diğer grup ise %75 Sulama yapılan gruptur. İlk grupta %100 kontrol (0 L/da Trisiloksan ve PHCA), (0.5 L/da Trisiloksan ve PHCA), (1 L/da Trisiloksan ve PHCA) ve (2 L/da Trisiloksan ve PHCA) kullanılmıştır. Diğer grupta ise grupta %75 kontrol (0 L/da Trisiloksan ve PHCA), (0.5 L/da Trisiloksan ve PHCA), (1 L/da Trisiloksan ve PHCA) ve (2 L/da Trisiloksan ve PHCA) kullanılmıştır. Deneysel çalışmalar, 25 santigrat derecede eşit sıcaklık, ışıklandırma ve nem olacak şekilde iklimlendirme odalarında gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, saksıda yetiştirilen pamuk bitkilerinin büyüme parametreleri ölçülmüştür. Trisiloksan toprakta suyun yayılmasını sağlarken Polihidroksikarboksilik Asitler ise besin elementlerinin kökler tarafından daha iyi alınmasına katkı sağladı. Sonuç olarak birlikte uygulanan Trisiloksan ve PHCA çalışmada su ayak izini %25 azalttığı tespit edilmiştir.

Anahtar: Pamuk, Sürdürülebilirlik, Su Ayak İzi, Tarım, Sulama.



Conference Article

The Effects of Trisiloxane and Polyhydroxycarboxylic Acids (PHCA) on Reducing the Water Footprint in Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) Cultivation

Abstract

Cotton is one of the most important industrial crops produced worldwide. However, in our country as well as in many others, cotton cultivation requires a substantial amount of water. Nowadays, in addition to improving cotton quality, reducing the water footprint during cultivation has become a major priority. This study focused on reducing the water footprint in cotton cultivation by utilizing Trisiloxane and Polyhydroxycarboxylic Acids (PHCAs). Two main experimental groups were established: the first group received 100% irrigation, and the second group received 75% irrigation. Each group included four sub-treatments: 0 L/da (control), 0.5 L/da, 1 L/da, and 2 L/da of Trisiloxane + PHCA. The experiment was conducted in controlled climate chambers maintained at 25 °C, with constant light and humidity conditions. At the end of the experiment, growth parameters of the potted cotton plants were measured. Trisiloxane facilitated water spreading in the soil, while PHCAs enhanced nutrient uptake by the roots. As a result, the combined use of Trisiloxane and PHCAs reduced the water footprint by 25%, demonstrating significant efficiency in optimizing water usage in cotton cultivation.

Keywords: Cotton, Sustainability, Water Food Print, Agriculture, Watering.



1. Giriş

Pamuk (*Gossypium hirsutum* L.), küresel ölçekte hem ekonomik değeri hem de yüksek su tüketimiyle dikkat çeken önemli endüstriyel bitkilerden biridir. Dünya genelinde pamuk üretimi, toplam tarımsal su kullanımının yaklaşık %3-4'ünü oluşturmaktadır [1]. Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde pamuk yetiştiriciliği, sınırlı su kaynakları üzerinde ciddi bir baskı yaratmakta ve sürdürülebilir tarım hedeflerini tehdit etmektedir [2]. Bu nedenle, pamuk üretiminde su kullanım etkinliğini artırma ve su ayak izini azaltma stratejileri gün geçtikçe daha fazla önem kazanmaktadır.

Su ayak izi (water footprint) kavramı, bir ürünün üretim sürecinde doğrudan veya dolaylı olarak tüketilen toplam tatlı su miktarını ifade etmektedir [3]. Tarımsal üretimde su ayak izinin azaltılması, yalnızca su tasarrufu açısından değil; aynı zamanda enerji tüketimi, toprak verimliliği ve çevresel sürdürülebilirlik açısından da kritik öneme sahiptir [4].

Bu bağlamda, trisiloksan bazlı yüzey aktif bileşenler (silikon yayıcılar), son yıllarda tarımsal uygulamalarda suyun etkin kullanımını artırmak için yaygın olarak araştırılmaktadır. Trisiloksanlar, düşük yüzey gerilimi sayesinde suyun yaprak yüzeyine homojen şekilde yayılmasını ve stomalardan daha kolay penetrasyonunu sağlar [5]. Böylece sulama ve sıvı gübre uygulamalarında kullanılan su miktarı azaltılabilirken, aynı zamanda bitkinin suyu ve besin elementlerini daha verimli kullanması sağlanır [6].

Öte yandan, polihidroksikarboksilik asitler (örneğin glukonik asit, sitrik asit, etidronik asit türevleri), hem toprakta hem de bitki metabolizmasında önemli roller üstlenen organik kompleks yapıcı maddelerdir. “Bu bileşikler, besin elementlerinin şelatlanmasını kolaylaştırarak bunların bitki tarafından alınabilirliğini artırmakta; toprakta iyon değişim ve alınabilirlik kapasitesini olumlu yönde etkileyerek bitkilerin besin alımını kolaylaştırmakta ve sonuçta bitkilerin su stresine karşı dayanıklılığını arttırmaktadır [2-3-14].” Son yıllarda yapılan çalışmalar, bu tür organik komplekslerin bitki fizyolojisinde su kullanım verimliliğini artırabileceğini göstermektedir [5-7].

Ancak literatürde, trisiloksanların ve polihidroksikarboksilik asitlerin birlikte kullanımının pamuk yetiştiriciliğinde su ayak izi üzerindeki etkilerini inceleyen kapsamlı bir araştırma bulunmamaktadır. Bu iki maddenin kimyasal ve biyolojik etkilerinin sinerjik olarak değerlendirilmesi, pamuk tarımında su verimliliğini artırmaya yönelik yeni bir yaklaşım sunmaktadır.

Bu çalışma, trisiloksan ve polihidroksikarboksilik asitlerin birlikte uygulanmasının pamuk yetiştiriciliğinde su ayak izini azaltmadaki potansiyel etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Elde edilecek sonuçların, sürdürülebilir pamuk üretimi, entegre su



yönetimi ve tarımsal çevre dostu uygulamalar açısından önemli bilimsel ve pratik katkılar sağlayacağı düşünülmektedir.

2. Materyal ve Yöntem

Bu araştırmada, farklı sulama düzeyleri altında Trisiloksan ve Polihidroksikarboksilik asit (PHCA) uygulamalarının pamuk bitkisinin gelişim ve verim parametreleri üzerindeki etkileri belirlenmiştir. Denemeler, kontrollü iklimlendirme koşullarında yürütülmüş olup, bitkilerin morfolojik ve fizyolojik yanıtları nicel ölçümlerle değerlendirilmiştir. Çalışmada kullanılan kimyasal maddeler, bitki gelişimini destekleyici ve toprak-su ilişkilerini iyileştirici özellikleri nedeniyle seçilmiştir. Elde edilen veriler, uygulamaların bitki büyüme performansı ve su verimliliği üzerindeki potansiyel etkilerini karşılaştırmalı olarak ortaya koymayı amaçlamaktadır.

2.1. Materyal

Araştırmada materyal olarak sertifikalı Fiona pamuk çeşidi orta erkenci bir çeşittir ve çalışmada kullanılmıştır. Bu çeşit, yüksek verim potansiyeline sahip olup orta-geç vejetasyon süresine sahiptir. Kısa meyve dalları ve kloster tipte koza bağlama özelliği sayesinde sık ekim ve makinalı hasada uygunluk göstermektedir. Çırcır randımanı %44–46 aralığındadır ve bu nedenle çırcır işletmeleri tarafından tercih edilen bir çeşittir. Kozalar orta büyüklükte olup koza açımı kuvvetli olduğu bilinmektedir. Yaklaşık olarak 1 kilogram tohumda 12.000 adet tohum bulunmaktadır. Lif özellikleri ise sırasıyla lif uzunluğu 30–32 mm, lif mukavemeti 33–35 g/tex, lif inceliği 4.0–4.5 mikronaire ve çırcır randımanı %44–46 olarak belirlenmiştir.

Denemelerde Trisiloksan ve Polihidroksikarboksilik asit (PHCA) kullanılmıştır. Trisiloksan, %99 saflıkta, tarımsal amaçlı organomodifiye bir silikon yayıcıdır (örnek ticari ad: Silwet L-77 eşdeğeri). Moleküler yapısında hem hidrofobik (silikon zinciri) hem de hidrofilik (polieter zinciri) kısımlar bulunmaktadır. Bu yapı, yüzey gerilimini düşürerek sıvıların yaprak yüzeyine yayılmasını ve penetrasyonunu artırmaktadır. Trisiloksan toprakta yüksek yayılma kabiliyeti göstermekte olup suya kıyasla yaklaşık 200 kat daha hızlı yayılma özelliğine sahiptir. Biyolojik olarak parçalanabilir, kalıntı bırakmayan, çevre dostu bir bileşiktir. Toprak yüzeyindeki hidrofobik bölgeleri ıslatarak suyun homojen dağılmasını sağlar ve kök bölgesinde suyun daha iyi infiltrasyonuna olanak tanımaktadır. Bu özellikleri nedeniyle su ayak izinin azaltılmasına katkı potansiyeline sahiptir. Ayrıca şelatlı mikroelementlerin taşınımını kolaylaştırmakta ve PHCA ile birlikte kullanıldığında iyon değişim kapasitesini artırmaktadır.

Polihidroksikarboksilik asitler (PHCA), hem hidroksil (-OH) hem de karboksil (-COOH) grupları içeren organik kompleks oluşturunca bileşiklerdir. Çalışmada, kullanılan PHCA formülasyonu glukonik asit, sitrik asit ve etidronik asit karışımı şeklindedir. PHCA'lar,

toprakta metal iyonlarını şelatlama yeteneğine sahip olup bitki tarafından element alımını kolaylaştırmaktadır. Toprağın anyon değişim kapasitesini artırarak kalsiyum ve magnezyum gibi katyonların dengeli tutulmasını sağlamaktadır. Ayrıca organik asit yapısı sayesinde mikrobiyal aktiviteyi destekleyerek, rizosferde yararlı bakteri popülasyonunu artırmakta ve iyon değişimi yoluyla sodyum (Na^+) iyonlarının yer değiştirmesini sağlayarak toprak tuzluluğunu azaltmaya katkıda bulunmaktadır. Tüm uygulama çözeltileri saf distile su ile hazırlanmıştır.

2.2. Metot

Araştırma, 25 °C sıcaklıkta, sabit ışıklandırma ve nem koşullarının sağlandığı iklimlendirme odasında yürütülmüştür. Pamuk tohumları çimlenme zorluğu gösterdiğinden, öncelikle fide viyollerinde çimlendirilmiş (Şekil 1) ve yaklaşık 15 cm boya ulaştıklarında eşit hacimli saksılara aktarılmıştır. Her saksıda tek bitki olacak şekilde deneme düzeni oluşturulmuştur. Her uygulama üç tekerrürlü olarak tasarlanmıştır.



Şekil 1: Pamuk Tohumları Viyollere Ekimi

Çalışmada toplam sekiz uygulama grubu oluşturulmuştur ve aşağıda verilmiştir:

1. **T-0 (%100 Su) Kontrol:** 0 L/da Trisiloksan + PHCA (800 g su/saksı)
2. **T-0.5 (%100 Su):** 0.5 L/da Trisiloksan + PHCA (800 g su/saksı)
3. **T-1 (%100 Su):** 1 L/da Trisiloksan + PHCA (800 g su/saksı)



4. **T-2 (%100 Su):** 2 L/da Trisiloksan + PHCA (800 g su/saksı)
5. **E-0 (%75 Su) Kontrol:** 0 L/da Trisiloksan + PHCA (600 g su/saksı)
6. **E-0.5 (%75 Su):** 0.5 L/da Trisiloksan + PHCA (600 g su/saksı)
7. **E-1 (%75 Su):** 1 L/da Trisiloksan + PHCA (600 g su/saksı)
8. **E-2 (%75 Su):** 2 L/da Trisiloksan + PHCA (600 g su/saksı)

Yukarıda belirtilen “T” tam sulama (%100), “E” eksik sulama (%75) koşullarını; rakamlar ise uygulama dozlarını (L/da) ifade etmektedir. Uygulamalar bitkilerin saksılara dikiminden itibaren dört kez yapılmıştır. Sulamalar sekiz kez tekrarlanmıştır. Her uygulama periyodunda, saksı başına 1 g 20-20-20 + TE NPK gübresi tüm gruplara eşit olarak uygulanmıştır. Trisiloksan & PHCA uygulamaları dekar hesabı üzerinden planlanmıştır: 0.5 L/da = 0.05 mL/saksı, 1 L/da = 0.1 mL/saksı, 2 L/da = 0.2 mL/saksı.

Toprakların su tutma kapasitesi, kuru ağırlığının %20’si olarak belirlenmiştir. Denemede kullanılan 5 L hacmindeki saksılara 4 kg arazi toprağı konulmuştur. İlk sulama tarla kapasitesine ulaşacak şekilde yapılmış, sonraki sulamalar belirlenen tarihlerde eşit hacimlerde gerçekleştirilmiştir.

Her uygulama grubunda aşağıdaki parametreler ölçülmüştür:

- Bitki boyu (cm): Mezür ile, toprak seviyesinden son sürgün ucuna kadar ölçülmüştür.
- Gövde kalınlığı (mm): Kumpas ile, toprak yüzeyinden ilk boğuma kadar olan kısımdan alınmıştır.
- Yaprak, boğum, tarak ve koza sayısı: Her bitkide ayrı ayrı sayılmıştır.
- Toprak üstü aksam kuru ağırlığı, yaprak kuru ağırlığı ve koza kuru ağırlığı (g): 0.01 g hassasiyetli terazide belirlenmiştir.
- Toprak nem içeriği (%): Hasat sonrası toprak örnekleri tartılmış, 70 °C’de 24 saat etüvde kurutulmuş, ardından oda sıcaklığında 24 saat bekletildikten sonra tekrar tartılmış ve fark üzerinden nem oranı hesaplanmıştır.

3. Sonuçlar

Trisiloksan & PHCA’in aynı anda tarımda uygulamaları ile alakalı literatürde çalışma yoktur. Bu çalışma toprakta suyun daha etkin kullanılması ile alakalı önemli veriler sunmaktadır. Michel ve Dietschweiler, tarafından yapılan bir çalışmada, trisiloksan surfaktanlarının toprakta hareketliliği ve sızma potansiyeli incelenmiştir [13]. Sonuçlar, bu surfaktanların toprakta yüksek mobiliteye sahip olmadığını ve bu nedenle çevresel



risklerin düşük olduğunu göstermektedir. Baratella ve arkadaşları, organosilikon surfaktanlarının tarımsal uygulamalardaki etkinliğini incelemiş ve bu surfaktanların suyun yüzey gerilimini azaltarak suyun toprakta daha iyi dağılmasını sağladığını belirtmişlerdir [4]. Peira (2024) tarafından yapılan bir çalışmada, polihidroksikarboksilik asitlerin bitki beslenmesi ve su kullanım verimliliği üzerindeki etkileri incelenmiştir [11]. Çalışma, bu asitlerin bitkilerin su stresine karşı dirençlerini artırabileceğini göstermektedir. Tablo 1' de uygulama yapılan pamuk bitkisindeki büyüme parametreleri verilmiştir.

Tablo 1: Uygulama Yapılan Pamuk Bitkisindeki Büyüme Parametreleri

Kontrol Seti	Gövde Çapı (mm)	Bitki Uzunluğu (cm)	Yaprak Sayısı (adet)	Boğum Sayısı (adet)	Tarak Sayısı (adet)	Tutan Koza Sayısı (adet)
%75 KONTROL	3	45	30,1	11	4	1,5
%100 KONTROL	3,3	51	31,2	11,5	5	2
%75 (0.5 L / Da)	3,3	55	37,3	12,3	5,3	2
%75 (1 L / Da)	3,6	54,66	30,4	13	5	2,3
%75 (2 L / Da)	3,1	46	29,3	12,3	5,3	2,3
%100 (0.5 L / Da)	4,2	71.66	51	17	5	1,6
%100 (1 L / Da)	4,4	65,33	35,6	14,3	6	4,3
%100 (2 L / Da)	3,4	56,33	43	14,3	6	3,3

Tablo 2' de uygulama yapılan pamuk bitkisindeki verim parametreleri verilmiştir.

Tablo 2: Uygulama Yapılan Pamuk Bitkisindeki Verim Parametreleri

Kontrol Seti	Toprak Üstü Aksam Toplam Kuru Ağırlık (gr)	Yaprak Kuru Ağırlık (gr)	Gövde Kuru Ağırlık (gr)	Koza Kuru Ağırlık (gr)	Hasat Sonu Toprak Nem Tayini (%)
%75 KONTROL	8,9	6,15	2,3	0,45	7,1
%100 KONTROL	12,5	8	2,8	1,7	10,2
%75 (0.5 L / Da)	15,2	9,85	3,8	1,55	7,8
%75 (1 L / Da)	14,8	9,3	3,7	1,8	8,7
%75 (2 L / Da)	12,9	6,9	2,2	3,8	9,4
%100 (0.5 L / Da)	22,1	14,67	6	1,43	11,6
%100 (1 L / Da)	18,5	11,77	4,5	2,23	12,4
%100 (2 L / Da)	17	9,27	3,4	4,33	13,3

Tablolarda tek olarak ekilen pamuk saksılarının bitki gelişiminde önemli olan ortalama büyüme ve verim parametreleri gösterilmektedir. Gövde Çapı: Bitkilerin gövde çapı ne kadar kalın ise topraktan bitkiye aktarılan besin taşınımı da o derece kolay ve fazlaca olacaktır. Sağlam gövde demek aynı zamanda güçlü kök demektir. Bitkilerde verim parametrelerini üst noktaya çıkaran en önemli unsurlardan biri güçlü köklerdir. Bu açıdan tablo değerlendirildiğinde %100 Su verilen grubun kontrolüne kıyasla %75 sulama yapılan uygulama gruplarında en kalın Gövde Çapı dekara 1 L Trisiloksan & PHCA (E-1) uygulanan gruplarda ölçülmüştür ve Tablo 1' de verilmiştir.

Bitki Uzunluğu: Bitki uzunluğu pamukta potansiyel tarak miktarını artıran önemli bir büyüme parametresidir. Bu açıdan tablo değerlendirildiğinde %100 Su verilen grubun kontrolüne kıyasla %75 sulama yapılan uygulama gruplarında en Uzun Bitki dekara 0.5 L Trisiloksan & PHCA (E-0.5) uygulanan gruplarda ölçülmüştür Tablo 2 ve Şekil 2' de verilmiştir.



Şekil 2: Hasat Sonu Bitki Görünümleri

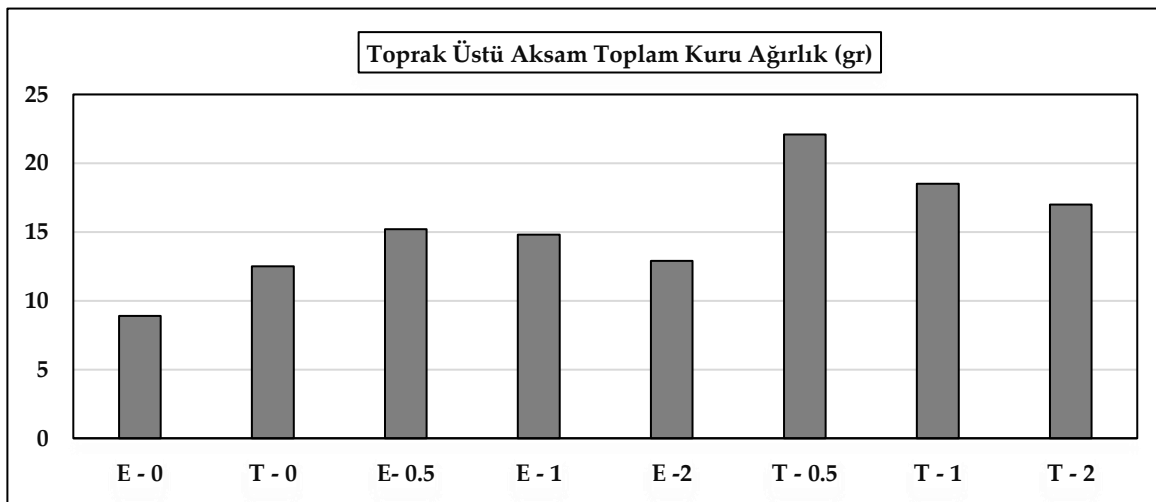
Yaprak Sayısı: Yapraklar bitkilerde fotosentetik aktivitenin yapıldığı en önemli organlardır. Yani yaprak sayısının fazlalığı fotosentezi artırır. Fotosentezin artması demek de verimin artması demektir. Ayrıca bitkiler kuraklık stresinde yaprak sayısında azalmaya gider. Trisiloksan & PHCA toprağın daha fazla nemli kalmasını sağlayarak bitkileri kurak koşullardan kurtardı ve yaprak dökülmesini engelledi. Bu açıdan tablo değerlendirildiğinde %100 Su verilen grubun kontrolüne kıyasla %75 sulama yapılan uygulama gruplarında en fazla yaprak sayısı dekara 0.5 L Trisiloksan & PHCA (E-0.5) uygulanan gruplarda ölçülmüştür ve Tablo 1' de verilmiştir.

Boğum Sayısı: Pamuk bitkisinde en yüksek verimi elde edebilmek için taraklanmanın fazla olması gerekir. Taraklanmanın artmasını artıran en önemli anatomik parametre bitkide boğum sayısının ve yan dallanmanın fazla olmasıdır. Bu açıdan tablo değerlendirildiğinde %100 Su verilen grubun kontrolüne kıyasla %75 sulama yapılan uygulama gruplarında en fazla boğum sayısı dekara 1 L Trisiloksan & PHCA (E-1) uygulanan gruplarda ölçülmüştür ve Tablo 1' de verilmiştir.

Tarak Sayısı: Pamukta verimi gösteren önemli parametrelerden biri tarak sayısıdır. Bu açıdan tablo değerlendirildiğinde %100 Su verilen grubun kontrolüne kıyasla %75 sulama yapılan uygulama gruplarında en fazla tarak sayısı dekara 0.5 ve 2 L Trisiloksan & PHCA (E-0.5 ve E-2) uygulanan gruplarda ölçülmüştür ve Tablo 1' de verilmiştir.

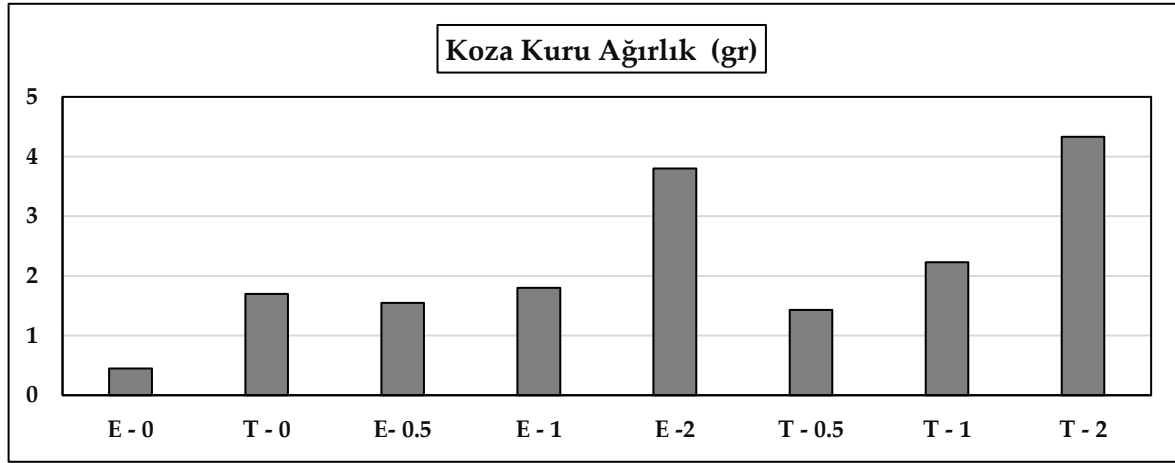
Tutan Koza Sayısı: Pamukta verimi gösteren en önemli parametredir. Fakat herhangi nedenlerde dolayı bu tarakların tamamı tutup kozaya dönüşemeyebilir. Koza miktarı ne kadar fazla ve ağır ise verim de o kadar fazladır. Bu açıdan tablo değerlendirildiğinde %100 Su verilen grubun kontrolüne kıyasla %75 sulama yapılan uygulama gruplarında en fazla tutan koza sayısı dekara 1 ve 2 L Trisiloksan & PHCA (E-1 ve E-2) uygulanan gruplarda ölçülmüştür ve Tablo 1' de verilmiştir.

Toprak Üstü Aksam Toplam Kuru Ağırlık: Bitkilerde toplam kuru ağırlık bitki verimliliğinin önemli parametrelerindendir. Toplam kuru ağırlık arttıkça verim de artar. Bu açıdan tablo değerlendirildiğinde %100 Su verilen grubun kontrolüne kıyasla %75 sulama yapılan uygulama gruplarında en fazla toprak üstü kuru ağırlık dekara 0.5 L Trisiloksan & PHCA (E-0.5) uygulanan gruplarda ölçülmüştür Tablo 2' de ve Şekil 3' te verilmiştir.



Şekil 3: Toprak Üstü Aksam'ın Kuru Ağırlık Miktarları

Koza Kuru Ağırlık: Direkt verim parametresidir. Bu açıdan tablo değerlendirildiğinde %100 Su verilen grubun kontrolüne kıyasla %75 sulama yapılan uygulama gruplarında en fazla toprak üstü kuru ağırlık dekara 2 L Trisiloksan & PHCA (E-2) uygulanan gruplarda ölçülmüştür Tablo 2' de ve Şekil 4' te verilmiştir.



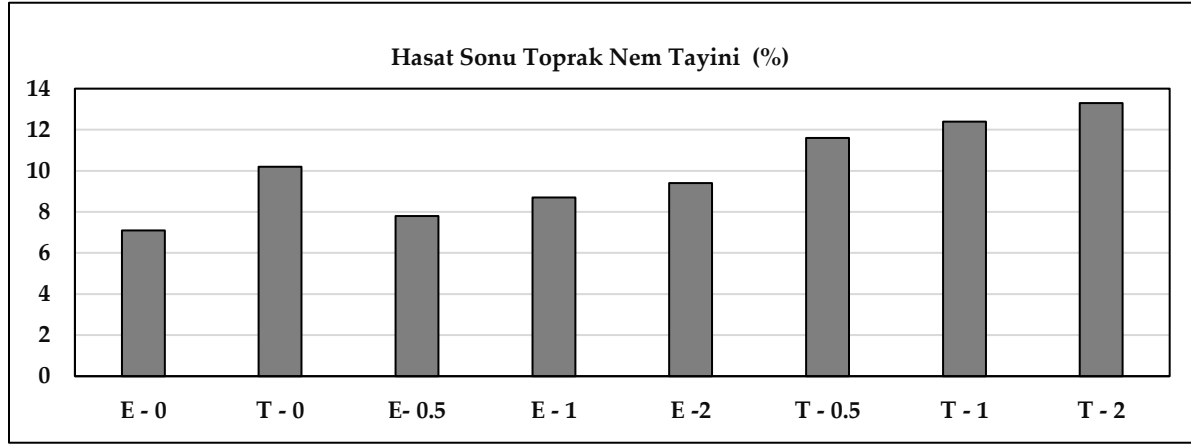
Şekil 4: Toprak Üstü Aksam'ın Kuru Ağırlık Miktarları

Yaprak Kuru Ağırlık: Fotosentez parametresidir. Yaprak ağırlığı ne kadar fazla ise fotosentetik karbon ağırlığı o kadar yüksek olur. Bu da pamuk da verimi olumlu yönde etkiler. Bu açıdan tablo değerlendirildiğinde %100 Su verilen grubun kontrolüne kıyasla %75 sulama yapılan uygulama gruplarında en fazla yaprak kuru ağırlık dekara 0.5 L Trisiloksan & PHCA (E-0.5) uygulanan gruplarda ölçülmüştür (Şekil 2).

Gövde Kuru Ağırlık: Gövde kuru ağırlığı gövdenin sağlamlığının en önemli parametresidir. Gövdenin sağlamlığı arttıkça üzerinden çıkan yan dal sayısı artar. Yan dal sayısı arttıkça da potansiyel koza miktarı artar. Bu açıdan tablo değerlendirildiğinde %100 Su verilen grubun kontrolüne kıyasla %75 sulama yapılan uygulama gruplarında en fazla gövde kuru ağırlık dekara 0.5 L Trisiloksan & PHCA (E-0.5) uygulanan gruplarda ölçülmüştür ve Tablo 2' de verilmiştir.

Hasat Sonu Toprak Nemi: Çalışmada her saksıya eşit toprak ve eşit sulama uygulanmıştır. Bu hasat tarihine kadar bu şekilde devam etmiştir. Çalışmanın temel mantığı aslında bu parametrede gösterilmiştir. Çünkü Trisiloksanlar toprak neminin korunmasına katkı sağlarlar. Yani uygulama yapılan saksıların toprak neminin daha fazla olması bekleniyordu. Bu açıdan tablo değerlendirildiğinde %100 Su verilen grubun kontrolüne kıyasla %75 sulama yapılan uygulama gruplarında en fazla toprak nemi

dekara 2 L Trisiloksan & PHCA (E-2) uygulanan gruplarda ölçülmüştür Tablo 2' de ve Şekil 5' te verilmiştir.



Şekil 5: Hasat Sonu Toprak Nem Miktarları

4. Tartışma

DeneySEL parametreler tarla koşullarının simülasyonu olacak şekilde tasarlanmıştır. Kontrol grupları tasarlanırken tarlada hangi miktarda ve kaç defa sulama işlemi yapılıyorsa buna göre gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmada, ana hedef pamuk bitkisi yetiştirilmesi esnasında daha az su tüketimi gerçekleştirmektir. Bu kapsamda kullanılan Trisiloksan ve PHCA'nın etkileri araştırılmıştır. Çalışmanın hedefe ulaşması için Tam Sulama (%100) Kontrol Grubu ile %75 Sulama- Trisiloksan & PHCA uygulaması yapılan grupların karşılaştırılmasının uygun olduğu düşünülmektedir. Tarlada yapılan çiftçi uygulaması ile %25 su ayak izi azaltılmış grupların karşılaştırılması sonucunda yapılan bu çalışmada gerçek sonuca ulaşabileceğini göstermiştir. Çalışmada, bu parametrelerin karşılaştırılması da buna göre planlanmıştır. Elde edilen veriler ışığında sonuçlar değerlendirildiğinde Trisiloksan & PHCA'in su ayak izini azalttığı görülmüştür. Bunun yanında Trisiloksan & PHCA'in düşük (0.5 L/da) ve orta (1 L/da) dozajları vejetatif aksamın daha fazla gelişmesine katkı sağlarken, yüksek (2 L/da) dozajları ise generatif aksamın gelişmesine yardımcı olmuştur.

Saha uygulamalarında, 1 dekara 1 veya 2 Litre Trisiloksan & PHCA dozajlarının sadece pamuk değil tüm açık saha bitkilerinde sulama suyunun miktarının azaltarak su ayak izinin azaltılmasında önemli katkılar sağlayacağı düşünülmektedir. Aynı zamanda bu 2 hammadde uygulamasının toprakta gübre verimliliğini de artıracığı düşünülmektedir. Toprak daha uzun süre nemli kaldığı için gübre kullanımı da daha etkin hale gelmektedir. Bu uygulamanın hem su hem de gübre tasarrufuna katkı sağlayacağı



görülmüştür. Hali hazırda yaprak uygulamalarında yaygın olarak kullanılan bu iki hammaddenin toprak uygulamalarında da kullanılması önerilmektedir.

5. Teşekkür

Bu çalışma 3245022 numaralı "SU AYAK İZİ AZALTILMIŞ PAMUK KULLANILARAK DENİM GİYSİ GELİŞTİRİLMESİ" isimli TÜBİTAK TEYDEB 1707 projesi olarak yürütülmektedir. Maddi destek sağlayan Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK)' na Teşekkürlerimi sunarım.



Referanslar

- [1] Hoekstra, A. Y., & Mekonnen, M. M. (2012). *The water footprint of humanity*. Proceedings of the National Academy of Sciences, 109(9), 3232–3237.
- [2] Chapagain, A. K., Hoekstra, A. Y., Savenije, H. H. G., & Gautam, R. (2006). The water footprint of cotton consumption: An assessment of impacts in India. *Ecological Economics*, 60(1), 186–203.
- [3] Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M., Mekonnen, M.M. (2011). *The Water Footprint Assessment Manual Setting the Global Standard*, Washington/London.
- [4] Aldaya, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2010). The water footprint of cotton consumption: An assessment of impacts and policy implications. *Ecological Economics*, 69(4), 733–743.
- [5] Lentz, R. D., & Sojka, R. E. (2009). Silicone-based surfactants in agriculture: Mechanisms and applications. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 57(5), 2023–2030.
- [6] Green, J. M., & Beattie, D. J. (2001). Adjuvants in crop protection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(1), 12–23.
- [7] Chen, Y., & Aviad, T. (1990). *Effects of humic substances on plant growth*. In *Structure and Activity of Humic Substances in Soil and Crop Sciences* (pp. 161–186). American Society of Agronomy.
- [8] Aldaya, M. M., & Hoekstra, A. Y. (2010). The water footprint of cotton consumption: An assessment of impacts and policy implications. *Ecological Economics*, 69(4), 733–743.
- [9] Ampong, K., et al. (2022). Understanding the Role of Humic Acids on Crop Production: Mechanisms and Applications. *Frontiers in Agronomy*, 3, 848621.
- [10] Anderson, A. J., Smith, B. C., & Lee, H. (2023). Changes in metal-chelating metabolites induced by drought and microbial interactions. *Plants*, 12(6), 1209.
- [11] Jose F. Marin Peira b, Angel T. Lloret C, Jaime Lloret. (2024). Evaluating the impact of natural products to improve the sustainability of urban lawns. Lorena Parra a. *Cities*. Volume 150, 105097.
- [12] Baratella, V., & Trinchera, A. (2018). Organosilicone surfactants as innovative irrigation adjuvants: Can they improve water use efficiency and nutrient uptake in crop production? *Agricultural Water Management*, 204, 149–161.
- [13] Michel, A., Dietschweiler, C., & Lange, F. T. (2016). Mobility of a polyether trisiloxane surfactant in soil: Soil/water distribution coefficients and leaching in a soil column. *Water, Air, & Soil Pollution*, 227(2), 67.
- [14] Song, C. (2023). Applying fulvic acid for sediment metals remediation: reaction mechanisms and properties. *Environmental Science and Pollution Research / PMC article*, 2023.