



BİLİM-TEKNOLOJİ-YENİLİK EKOSİSTEMİ DERGİSİ

JOURNAL OF SCIENCE-TECHNOLOGY-INNOVATION ECOSYSTEM

E-ISSN : 2757-6140

Sayı | Issue : 1


Yıl | Year : 2026

**RESEARCH ARTICLE****Damla Sulama Koşullarında Farklı Sulama Düzeylerinin IMI Özellikli Çeltik (*Oryza sativa* L. cv. İskender CL) Çeşidinin Verimi ve Kalitesi Üzerine Etkileri**Effects of Different Irrigation Levels on Yield and Quality of IMI-Resistant Rice (*Oryza sativa* L. cv. İskender CL) Under Drip Irrigation ConditionsHakan Nar¹ , Gökhan Çamoğlu² ¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Çanakkale, Türkiye**MAKALE BİLGİSİ****Araştırma Makalesi**Geliş: 12.01.2026
Kabul: 13.04.2026
Yayın: 28.04.2026**Anahtar Kelimeler:**Çeltik
Damla sulama
Verim**Akademik Editör:**

Dr. Baboo Ali

Mizanpaj Editörü:


Habibe Doğan

ARTICLE INFO**Research Article**Received: 12.01.2026
Accepted: 13.04.2026
Published: 28.04.2026**Keywords:**Rice
Drip irrigation
Yield 2026 Nar & Çamoğlu**ÖZ**

Küresel iklim değişikliği ve su kaynaklarının üzerindeki baskının giderek artması, tarımsal su tüketiminin en yoğun olduğu ürünlerden biri olan çeltik yetiştiriciliğinde sürdürülebilir sulama stratejilerinin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, Çanakkale ili Dardanos mevkiinde 2024 ve 2025 yıllarında yürütülen bu çalışmada, damla sulama koşullarında IMI (İmidazolinon) özelliğine sahip İskender CL çeltik çeşidine uygulanan farklı sulama düzeylerinin (S100, S125 ve S150) verim ve kalite parametreleri üzerindeki etkileri incelenmiştir. Denemede, etkili kök derinliğindeki kullanılabilir nemin %25'i tüketildiğinde tarla kapasitesine tamamlanan konu (S100) kontrol kabul edilmiş, diğer konular S100'de tüketilen suyun %125'i (S125) ve %150'si (S150) esas alınarak oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda elde edilen ortalama verilere göre uygulanan toplam sulama suyu miktarı 672 mm ile 912 mm arasında değişmiştir. En yüksek ortalama verim S150 (790 kg da⁻¹) en düşük verim ise S100 (330 kg da⁻¹) konusunda belirlenmiştir. Benzer şekilde kırksız randıman (%57.83), bin tane ağırlığı (20.42 gr) ve metrekaresindeki salkım sayısı (509 adet) bakımından da S150 uygulaması en iyi sonuçları vermiştir. Sonuç olarak, damla sulama ile yetiştirilen Clearfield çeltik için bölge koşullarında yüksek verim ve kalite sağlayan S150 sulama düzeyi önerilmektedir.

ABSTRACT

Global climate change and the increasing pressure on water resources necessitate the development of sustainable irrigation strategies in rice cultivation, one of the most water-intensive agricultural crops. This study conducted in the Dardanos region of Çanakkale province in 2024 and 2025, investigated the effects of different irrigation levels (S100, S125, and S150) on yield and quality parameters of the İskender CL rice variety with IMI (Imidazolinone) properties under drip irrigation conditions. In the experiment, the treatment (S100) where 25% of the available moisture at the effective root depth was consumed to reach field capacity was considered the control, while the other treatments were based on 125% (S125) and 150% (S150) of the water consumed in S100. According to the average data obtained from the study, the total amount of irrigation water applied ranged from 672 mm to 912 mm. Highest mean yield occurred in S150 (790 kg da⁻¹) and the minimum in S100 (330 kg da⁻¹). Similarly, the S150 treatment yielded the best results in terms of unbroken grain yield (57.83%), thousand-grain weight (20.42 g), and panicle number per square meter (509). In conclusion, the S150 irrigation level is recommended for drip-irrigated Clearfield rice to achieve high yield and quality under regional conditions.

 **Correspondence:** hakannar22@gmail.com (Hakan Nar)

Citation: Nar, H., & Çamoğlu, G. (2026). Damla sulama koşullarında farklı sulama düzeylerinin IMI özellikli çeltik (*Oryza sativa* L. cv. İskender CL) çeşidinin verimi ve kalitesi üzerine etkileri. *Bilim-Teknoloji-Yenilik Ekosistemi Dergisi*, (1): 49-60.

Giriş

Küresel tarım sektörü, artan dünya nüfusunun beslenme taleplerini karşılama zorunluluğu ile gezegenin sınırları zorlanan doğal kaynakları arasındaki hassas dengede var olma mücadelesi vermektedir. Tahıllar, insanlığın kalori ihtiyacının temelini oluşturmaya devam etmekte olup buğday ve mısırdan sonra küresel ölçekte en çok üretilen üçüncü tahıl ürünü olan çeltik (*Oryza sativa L.*), dünya nüfusunun yarısından fazlası için stratejik bir gıda maddesidir. FAO'nun projeksiyonlarına göre, küresel tahıl üretiminin 2.848 milyon ton seviyesinde seyretmesi ve pirinç üretiminin, özellikle Asya ve Afrika'daki nüfus artışına paralel olarak gıda tüketimindeki payını artırması beklenmektedir. Ancak bu üretim artışı talebi, tarımsal su kullanımının en yoğun olduğu üretim modellerinden biri olan çeltik tarımını, küresel su krizinin merkezine yerleştirmektedir (FAO, 2024).

Ülkemizde su kaynaklarının ve arazi koşullarının elverişli olduğu her bölgede gerçekleştirilen çeltik tarımı, toplam 129 bin hektarlık bir üretim alanını kapsamaktadır (TÜİK, 2024). Küresel ölçekte olduğu gibi ülkemizde de çeltik üretiminde yaygın olarak kullanılan geleneksel sürekli göllendirme yönteminde, su tüketim miktarı 5580 mm seviyelerine kadar çıkabilmektedir (Nar ve ark., 2018). Bunun sonucunda, dünyada çeltik üretiminde kullanılan sulama suyu 880 km³ olup bu miktar tarımda kullanılan toplam sulama suyunun %35'ine denk gelmektedir (Yadav & Reyes, 2016).

Türkiye'de çeltik tarımı esas olarak göllendirme usulüne dayanmakta olup, karşılaşılan sorunlar da genellikle bu çerçevede şekillenmektedir. Üreticiler, özellikle kurak yıllarda göllendirme yöntemi nedeniyle ekim alanlarına getirilen kısıtlamaları en kritik sorun olarak görmektedir. Bu durum, suyun daha verimli kullanıldığı alternatif yönetim sistemlerini zorunlu kılmaktadır. Araştırmalar, aerobik yöntemin diğer bir ifadeyle damla sulama altındaki yetiştiriciliğin küresel ölçekte yaklaşık %40 su tasarrufu sağladığını (Belder ve ark., 2005); ülkemiz koşullarında ise bu oranın %30 ile %70 arasında değiştiğini göstermektedir (Tuna, 2012; Nar ve ark., 2018; Demirel ve ark., 2020; Tas, 2021).

Çeltik bitkisi suda yaşayabilen ender türlerden olsa da tarımda kullanılan yoğun suyun asıl işlevi yabancı ot kontrolünü sağlamaktır. Geleneksel göllendirme yöntemi doğal bir herbisit etkisi yaratırken, damla sulama sistemlerinde bu avantaj kaybolmakta ve ot mücadelesi güçleşmektedir. Bu sorunu aşmak için, özellikle kırmızı çeltik ve dirençli otlara karşı geliştirilen Clearfield (CL) ve Provisia (PV) sistemleri büyük önem arz etmektedir. Su kaynaklarının azalmasıyla damla sulamanın zorunlu hale geleceği öngörülürse; CL ve PV gibi herbisite dayanıklı teknolojilerin entegrasyonu, bu yeni sulama modelinin sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir.

Bu çalışmanın amacı, damla sulama yönteminde uygulanan farklı sulama düzeylerinin, yabancı ot ilaçlarına dayanıklı (IMI) ve damla sulamaya uygun İskender CL çeltik (*Oryza sativa L.*) çeşidinin verim ve kalite parametreleri üzerindeki etkilerini belirlemektir. Çalışma kapsamında, özellikle su kaynaklarının kısıtlı olduğu bölgelerde damla sulama yöntemiyle çeltik yetiştiriciliği yapan üreticiler için optimum sulama suyu miktarının saptanması ve en uygun su-verim ilişkisinin ortaya konulması hedeflenmiştir. Ayrıca, farklı sulama uygulamalarının verim, kırksız randıman, bin tane ağırlığı, bitki boyu, salkım uzunluğu, salkım sayısı, salkımda tane sayısı, tane uzunluğu, tane genişliği gibi verim ve kalite parametreleri üzerindeki değişimleri incelenmiştir.

Materyal ve Yöntem

Çalışma, 2024 ve 2025 yıllarında Türkiye, Çanakkale İli, Dardanos mevkiinde üretici arazisinde yürütülmüştür (Şekil 1).



Şekil 1. Denemenin yürütüldüğü arazi

Figure 1. The land where the experiment was conducted

Denemeden önce her bir blokta açılan profillerin 0–30 cm ve 30–60 cm derinliklerinden bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınarak tarla kapasitesi, solma noktası, hacim ağırlığı ve toprak bünyesi analizleri yapılmıştır (Çizelge 1).

Çizelge 1. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel analiz sonuçları

Table 1. Some physical analysis results of the experimental area soil

Toprak Derinliği (cm)	Bünye Sınıfı	Hacim Ağırlığı (gr cm ⁻³)	Tarla Kapasitesi		Solma Noktası		Kullanılabilir Su Tutma Kapasitesi	
			Pv (%)	d (mm)	Pv (%)	d (mm)	Pv (%)	d (mm)
0-30	CL	1.37	27.9	83.6	17.5	53.0	10.3	31.0
30-60	CL	1.51	28.4	96.5	20.5	61.4	7.9	35.2

Çalışmada IMI özelliğine sahip İskender CL çeşidi kullanılmıştır. İlk yıl 27.05.2024 tarihinde ikinci yıl 02.05.2025 tarihinde damla sulama konularına elektronik mibzer ile ekilmiştir. Denemede ele alanın konular Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Denemede ele alınan sulama konuları

Table 2. Irrigation experiments addressed in the experiment

Sulama Konusu	Açıklama
S150	S100 konusunda tüketilen suyun %150'si
S125	S100 konusunda tüketilen suyun %125'i
S100	Kullanılabilir nemin $\%25\pm 5$ 'i tüketildiğinde eksilen nemin tarla kapasitesine tamamlanması

Gübrelemeler damla sulama yönteminde venturi sistemi ile gerçekleştirilmiştir. Herbisit ilaçlaması oluşturulan program neticesinde yapılmıştır.

Toprak Neminin İzlenmesi

Toprak nem sensörleri (Decagon GS1), ekimden hemen sonra her bir tekerrürün 0-30 cm ve 30-60 cm toprak derinliğine yerleştirilmiştir (Şekil 2). Toprak nemi gravimetrik yöntemle düzenli olarak aynı katmanlardan izlenmiştir. Okunan sensör değerlerine karşılık gravimetrik olarak elde edilen nem değerleri arasında doğrusal regresyon analizi yapılarak kalibrasyon işlemi gerçekleştirilmiştir. Toprak nem sensörlerine ilişkin veriler internet ortamından uzaktan izleme sistemi (Devint) ile anlık olarak takip edilmiştir.



Şekil 2. Toprak nem sensörlerinin yerleştirilmesi

Figure 2. Installation of soil moisture sensors

Uygulanan Sulama Suyu Miktarlarının Belirlenmesi

Sulama suyu miktarının belirlenmesinde 15 cm (0-30 cm) toprak derinliğine yerleştirilen sensörlerden elde edilen değerler, derine sızma olup olmadığı da 45 cm (30-60 cm) derinlikteki sensörler vasıtasıyla takip edilmiştir. S100 konusunun her bir tekerrürünün 0-30 cm toprak derinliğinde bulunan toprak nem sensörleri yardımıyla nem takibi yapılmış ve konulara göre ilk sulamaya etkili kök derinliğindeki kullanılabilir nemin $\%25\pm 5$ 'inin tüketildiği başlanmıştır. Sonraki sulamalar yine S100 konusunda kullanılabilir nemin $\%25\pm 5$ 'i tüketildiğinde yapılmıştır. Belirlenen mm cinsinden su miktarları, sulanacak alan ve örtü yüzdesi (1) ile çarpılarak hacme çevrilmiş ve su sayacı yardımıyla kontrollü olarak deneme parsellerine uygulanmıştır.

Sulama Suyu Kullanım Randımanı

Bitkisel üretimde, uygulanan birim sulama suyuna karşılık elde edilen verimi değerlendirmek amacıyla sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) kullanılmıştır. Söz konusu değerler Eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır. (Hillel & Guron, 1973).

$$IWUE = \frac{Y}{I} \quad (1)$$

Eşitlik, IWUE: Sulama suyu kullanım randımanı (kg mm^{-1}), Y: Çeltik bitkisinin tane verimi (kg da^{-1}), I: Sulama suyu (mm)

Verim ve Verim Parametreleri

Verim (kg da^{-1}): Her uygulamaya ait parsellerin üç farklı noktasında 1 m^2 'lik alanlar hasat edilmiştir. Hasat edilen örneklerde, salkımlardan ayrılan taneler tartılarak tane ağırlıkları belirlenmiştir. Elde edilen ölçüm sonuçları kullanılarak her parselin dekara düşen tane verimi hesaplanmıştır (Nar ve ark., 2018; Demirel ve ark., 2020).

Kırıksız randıman (%): Çeltik tanelerinin işlenmesi sırasında kavuz ve meyve kabuğu gibi kısımların uzaklaştırılmasıyla geriye pirinç taneleri (sağlam ve kırık) kalır. İşleme sonrası birim çeltikten elde edilen tam (kırıksız) pirinç oranı, randıman ölçüm cihazı yardımıyla belirlenmiştir (Nar ve ark., 2018; Demirel ve ark., 2020).

Bin tane ağırlığı (g): Hasat edilen 1 m^2 'lik örneklerden rastgele seçilen üç alt örnekten her biri için 100'er adet tane sayılmış, bu değerlerin ortalaması alınmıştır. Elde edilen ortalama değerlerin on ile çarpılmasıyla bin tane ağırlığı hesaplanmıştır (Nar ve ark., 2018; Demirel ve ark., 2020).

Tane uzunluğu genişliği (mm): Tane uzunluğu ve genişliği her parselden alınan, çeltik tanelerinin kavuzları ayrıldıktan sonra üç tekerrürlü olarak 100'er örnekte, kumpas aleti kullanılarak ölçülmüştür (Nar ve ark., 2018; Demirel ve ark., 2020).

Salkım sayısı (adet m^{-2}): 1 m^2 'de tespit edilen toplam salkım sayısı belirlenerek bulunmuştur (Nar ve ark., 2018; Demirel ve ark., 2020).

Salkım uzunluğu (cm): Olgunlaşma devresinde parsellerden tesadüfi olarak alınan 10 bitkinin toplam tane ortalaması belirlenmiştir. (Nar ve ark., 2018; Demirel ve ark., 2020).

Salkımda tane sayısı (adet salkım $^{-1}$): 1 m^2 'de tesadüfi olarak seçilen 10 bitkinin toplam tane ortalaması belirlenmiştir (Nar ve ark., 2018; Demirel ve ark., 2020).

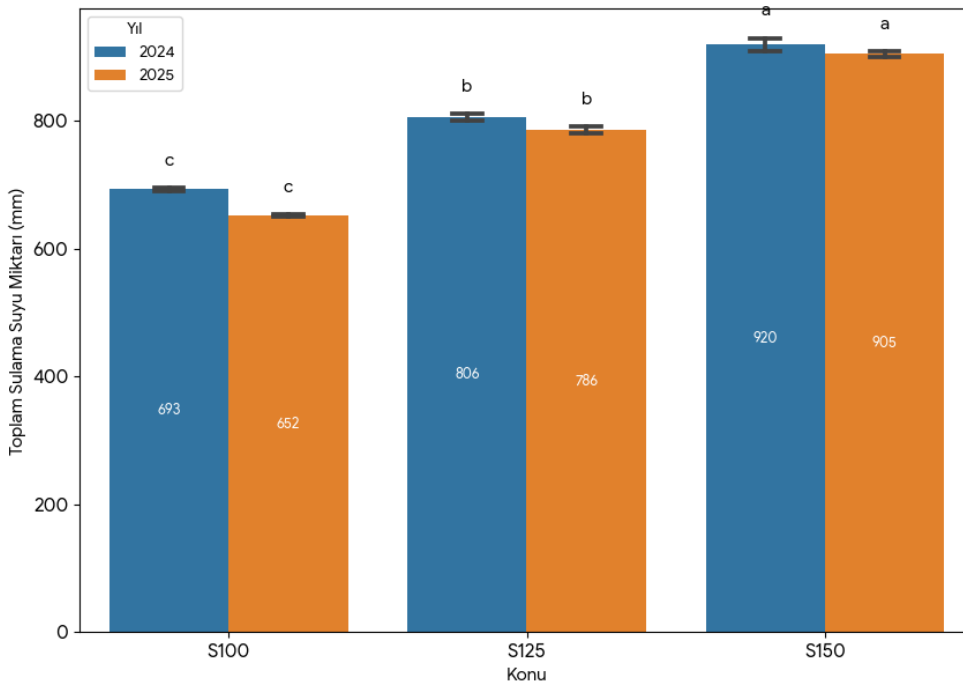
İstatistiksel Analizler

Tüm istatistiksel analizler Python programlama dilinde, pandas, scipy, statsmodels ve seaborn kütüphaneleri kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada yıl ve sulama düzeyi faktörleri sabit etki olarak tanımlanmış ve iki faktörlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. ANOVA sonucunda istatistiksel olarak anlamlı farklılık belirlenen özelliklerde ortalamalar, Tukey HSD çoklu karşılaştırma testi ile gruplandırılmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Sulama Suyu Miktarları ve Sulama Suyu Kullanım Randımanı

Damla sulama konularındaki ilk sulama, ekimle birlikte 30 cm (etkili kök derinliği) toprak katmanındaki nem düzeyini tarla kapasitesine çıkaracak şekilde bütün konulara eşit olarak uygulanmıştır. Çimlenme ve çıkışın yeterince olması için fide döneminin yaklaşık olarak sonuna kadar tüm bitkiler eşit olarak sulanmıştır. Büyüme dönemi boyunca 2024 ve 2025 yıllarına ait uygulanan toplam sulama suyu Şekil 3'te verilmiştir.



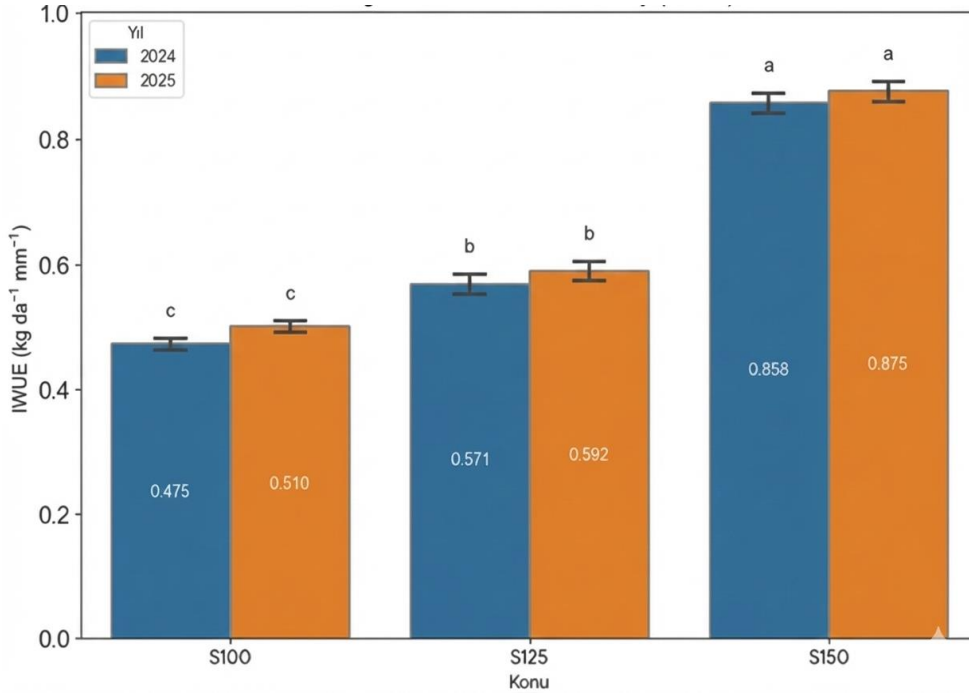
Şekil 3. Toplam sulama suyu miktarları

Figure 3. Total irrigation water amount

2024 ve 2025 yıllarında yürütülen çalışmada, deneme konularına (S100, S125, S150) uygulanan toplam sulama suyu miktarları incelendiğinde, konular arasında istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) farklılıklar tespit edilmiştir. Her iki yılda da en yüksek sulama suyu, sırasıyla 920 mm ve 905 mm değerleriyle S150 konusunda ölçülerek 'a' grubunu oluşturmuş; bunu 'b' grubu ile S125 (806-786 mm) ve en düşük değerlerle 'c' grubunda yer alan S100 (693-652 mm) izlemiştir. Yıllar arası kıyaslamada 2025 yılı su tüketiminin iklimsel faktörlere bağlı olarak bir miktar daha düşük gerçekleşmiştir.

Tuna (2012), yürüttüğü çalışmada damla sulama uygulamalarında toplam sulama suyu miktarını 723–1446 mm arasında belirlemiştir. Özer (2018), damla sulama konularında uygulanan sulama suyu miktarlarının 774–1294 mm aralığında değiştiğini bildirmiştir. Nar ve ark., (2018), tarafından yürütülen çalışmada ise damla sulama için toplam 930–1375 mm sulama suyu kullanıldığını ifade etmişlerdir. TAGEM (2021), Rekor CL çeşidinde damla sulama konularına karşılık gelen toplam sulama suyu miktarlarını 719–1005 mm aralığında raporlamıştır. Kızıl ve ark., (2023), tarafından yapılan çalışmada ise tarla kapasitesinin %100'ünde 661 mm, %125'inde ise 795 mm sulama suyu uygulandığını bildirmişlerdir. Farklı çalışmalarda elde edilen bu sulama suyu miktarlarındaki değişkenliklerin, kullanılan çeşitler, yıllara bağlı iklim farklılıkları, toprak özellikleri ve uygulanan sulama programlarından kaynaklandığı düşünülmektedir. Bu çalışma kapsamında elde edilen toplam sulama suyu miktarlarının da literatürde bildirilen bu değer aralıklarıyla genel olarak uyumlu olduğu görülmektedir.

Araştırma yıllarına ait sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerleri Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Yıllara göre IWUE değerleri

Figure 4. IWUE values by years

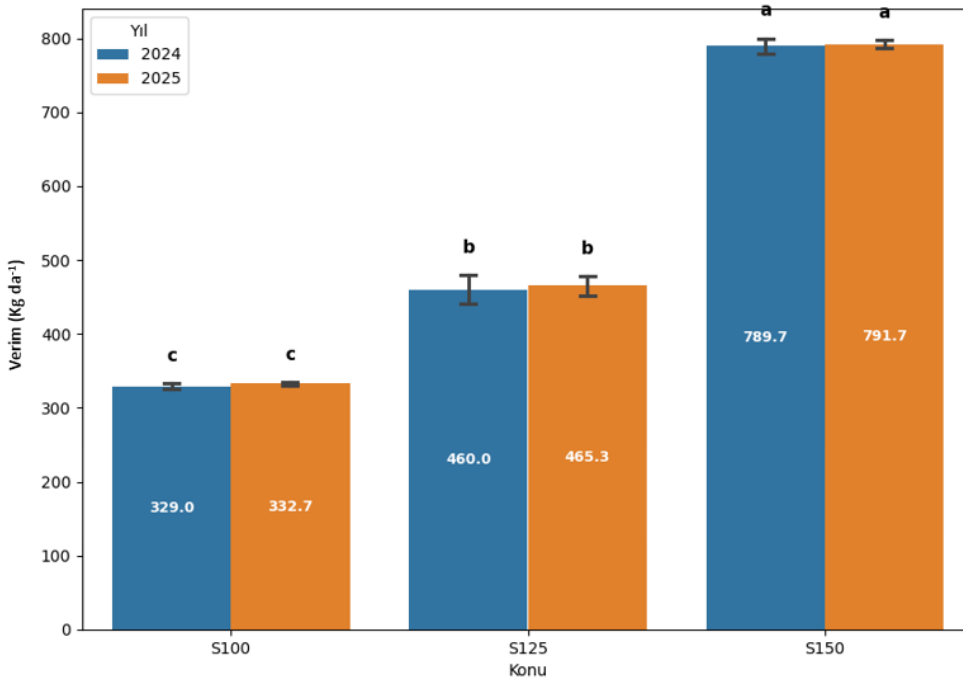
Artan sulama düzeylerinin IWUE üzerindeki etkisi her iki yılda da belirgin ve tutarlı bir eğilim ortaya koymuştur. En düşük IWUE değerleri S100 uygulamasında elde edilirken, sulama düzeyinin artırılmasıyla birlikte IWUE anlamlı şekilde yükselmiş ve en yüksek değerler S150 uygulamasında belirlenmiştir. Bu durum, çeltik bitkisinde uygulanan sulama suyunun miktarı kadar, suyun bitki tarafından ne ölçüde etkin kullanıldığına da verim oluşumunda belirleyici olduğunu göstermektedir. Özellikle S150 uygulamasında elde edilen yüksek IWUE değerleri, yeterli su temini koşullarında bitkinin su stresinden uzak kalarak fizyolojik faaliyetlerini daha verimli yürüttüğüne işaret etmektedir. Yıllar bazında değerlendirildiğinde, 2025 yılında tüm sulama konularında IWUE değerlerinin 2024 yılına göre daha yüksek olduğu görülmektedir.

Nar ve ark. (2018) 0,42 ve 0,47 (kg da⁻¹ mm⁻¹), Demirel ve ark. (2020) ise 0,26 ve 0,49 (kg da⁻¹ mm⁻¹) olarak bulmuşlardır. adet aralığında rapor etmiştir. Bu çalışmada elde edilen değerlerin, söz konusu çalışmalardan daha yüksek olduğu görülmektedir.

Verim ve Kalite Parametreleri

Farklı sulama düzeylerinin 2024 ve 2025 yıllarında çeltik verimi ve verimi etkileyen bazı kalite parametrelerine (kırıksız randıman, bin tane ağırlığı, tane uzunluğu, tane genişliği, salkım sayısı, salkım uzunluğu, salkımda tane sayısı, bitki boyu) ilişkin yıllık ortalama \pm standart hata değerleri, bu değerlerin yılların kendi içerisinde karşılaştırmalı grafiksel dağılımları Şekil 5 ve Şekil 6'da verilmiştir.

Her iki yılda da verim, sulama düzeyine bağlı olarak istatistiksel açıdan anlamlı şekilde artış göstermiştir (Şekil 5). 2024 yılında verim S100 uygulamasında 329.0 kg da⁻¹, S125'te 460.0 kg da⁻¹ ve S150 uygulamasında 789.7 kg da⁻¹ olarak belirlenmiştir. 2025 yılında da benzer eğilim korunmuş; sırasıyla 326.3, 452.3 ve 785.3 kg da⁻¹ değerleri elde edilmiştir. Her iki yılda da en yüksek verim S150 uygulamasında, en düşük verim ise S100 uygulamasında saptanmış ve harf gruplarına göre bu artışın istatistiksel olarak güçlü biçimde anlamlı olduğu görülmüştür (Çizelge 3).



Şekil 5. Sulama konularına göre verim değerleri

Figure 5. Yield values according to irrigation treatments

Edirne koşullarında yürütülen iki yıllık bir çalışmada, damla sulama sisteminde ortalama çeltik verimi Beşer ve ark. (2009) tarafından 695 kg da^{-1} olarak belirlenmiştir. Tuna (2012) ise Trakya Bölgesi'nde Osmancık-97 çeşidi ile yaptığı çalışmada, sulama suyu miktarı ile verim arasında doğru orantı olduğunu tespit etmiştir. Araştırmacı, en yüksek verimi göllendirme yönteminden elde etse de damla sulama parsellerinde 479 ile 888 kg da^{-1} arasında değişen verimler kaydetmiştir. Benzer şekilde, Özer (2018) damla sulama uygulamalarında 366 - 667 kg da^{-1} , Nar (2018) ise 439 - 576 kg da^{-1} aralığında verim değerleri bildirmiştir.

Daha güncel çalışmalarda Sokat (2023), İzmir ve Kırklareli lokasyonlarında üç farklı sulama düzeyini (Epan: 1.0, 1.25 ve 1.5) incelemiştir. Çalışma sonucunda İzmir'de sırasıyla 722 , 790 ve 1000 kg da^{-1} ; Kırklareli'nde ise 563 , 643 ve 747 kg da^{-1} verim değerlerine ulaşılmıştır. Süer ve ark. (2024) tarafından yürütülen ve damla sulamada herbisit etkinliğinin incelendiği çalışmada ise verim değerlerinin 90 kg da^{-1} ile 550 kg da^{-1} arasında geniş bir varyasyon gösterdiği rapor edilmiştir. Literatürdeki bu bulgular ile mevcut çalışma arasındaki verim farklılıklarının; temel olarak, lokasyon, iklimsel faktörler ve başta sulama olmak üzere uygulanan tarımsal yönetim farklılıklarından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Kırksız randıman değerleri, her iki yılda da sulama düzeyinin artmasıyla birlikte istatistiksel olarak anlamlı bir artış göstermiştir (Şekil 6). 2024 yılında S100, S125 ve S150 konularında sırasıyla %51.7, %54 ve %56.7 olarak ölçülen değerler; 2025 yılında sırasıyla %51, %56 ve %59 olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlar, artan sulama düzeyinin yalnızca verimi değil, aynı zamanda tane yapısını ve öğütme kalitesini olumlu yönde etkilediğini göstermektedir. Tuna (2012), damla sulama koşullarında kırksız randıman değerlerinin %64.6 ile %66.4 arasında değiştiğini bildirmiştir. Nar ve ark., (2018), kırksız randıman oranlarının %57.7–%64.5 aralığında bulunduğunu belirtirken, TAGEM (2021), damla sulama konularında kırksız randıman değerlerini %60–%64 arasında elde etmiştir. Kızıl ve ark., (2023) ise söz konusu parametrenin %57–%60 aralığında değiştiğini raporlamışlardır. Literatürde bildirilen bu sonuçlar genel olarak değerlendirildiğinde, çalışmalar arasında gözlenen farklılıkların; gübreleme uygulamaları, ilaçlama programları, çeşit özellikleri ve yetiştiricilik koşullarındaki farklılıklardan kaynaklandığı düşünülmektedir.

Bin tane ağırlığı her iki yılda da sulama düzeyiyle birlikte istatistiksel olarak anlamlı şekilde artış göstermiştir (Şekil 6). 2024 yılında bin tane ağırlığı 17.83 gr 'dan 20.50 gr 'a yükselirken, 2025 yılında 17.00 gr 'dan 20.33 gr 'a çıkmıştır. S150 uygulamasında elde edilen yüksek bin tane ağırlıkları, tane doldurma sürecinin bu düzeyde etkin şekilde gerçekleştiğini ve verimdeki artışın önemli yapısal nedenlerinden birinin bu parametre olduğunu ortaya koymaktadır. Tuna (2012), damla sulama koşullarında bin dane ağırlığını 25.2 –

28.9 gr aralığında belirlemiştir. Nar ve ark. (2018), damla sulama konularında bin dane ağırlıklarının 18.2–21.5 gr arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Kızıl ve ark. (2023) ise damla sulama konularında söz konusu değerleri 19,8–20,7 gr aralığında bulmuşlardır. Literatürde yer alan bu bulgular genel olarak değerlendirildiğinde, bu çalışma kapsamında elde edilen bin dane ağırlığı değerlerinin önceki çalışmalarla büyük ölçüde benzerlik gösterdiği söylenebilir.

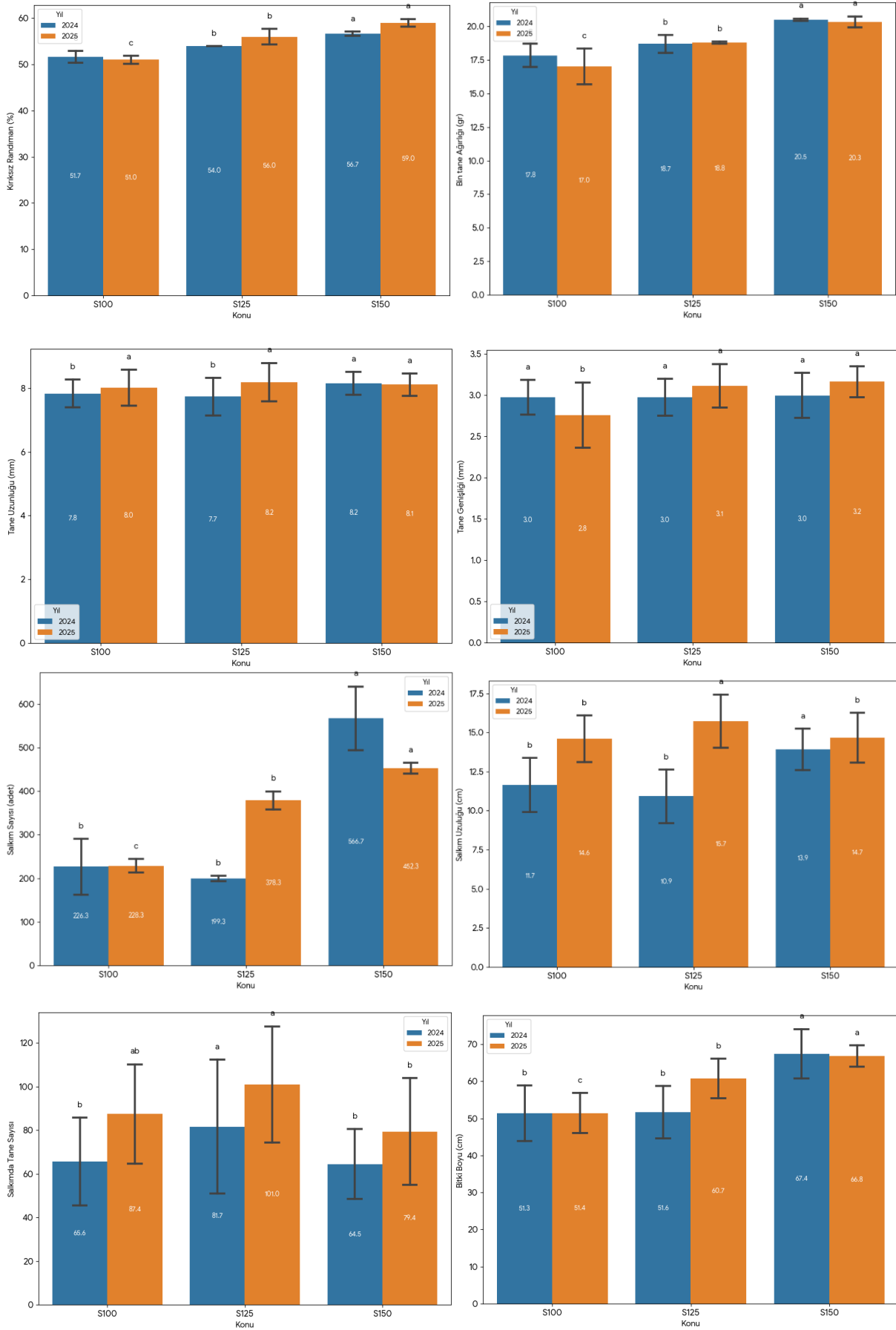
Tane uzunluğu değerleri her iki yılda da 7.7–8.2 mm aralığında değişmiş olup, 2024 yılında yalnızca S150 uygulamasının diğer sulama konularından istatistiksel olarak ayrıldığı belirlenmiştir (Şekil 6). 2025 yılında ise tane uzunluğu bakımından sulama konuları arasında anlamlı bir farklılık oluşmamıştır. Tane genişliği açısından değerlendirildiğinde, 2025 yılında özellikle S125 ve S150 uygulamalarında anlamlı artışlar meydana gelmiş, bu durum sulamanın tane morfolojisini daha çok enine gelişim yönünde etkilediğini ortaya koymuştur. Nar ve ark. (2018) tarafından yapılan çalışmada tane genişliği değerlerinin 7.7–9.0 mm arasında değiştiği bildirilmiştir. Bu sonuçlar, yeterli ve artan sulama düzeylerinin özellikle tane dolgunluğunu artırarak kalite parametrelerini olumlu yönde etkilediği söylenebilir.

Salkım sayısı her iki yılda da sulama düzeyiyle birlikte belirgin ve istatistiksel olarak anlamlı şekilde artmıştır (Şekil 6). 2024 yılında S100’de 226 adet olan salkım sayısı, S150 uygulamasında 567 adede yükselmiştir. 2025 yılında ise 228 adetten 452 adede çıkmıştır. Özellikle S150 uygulamasında salkım sayısındaki bu keskin artış, verimde oluşan yüksek artışın temel belirleyici faktörlerinden biri olduğu söylenebilir. Nar ve ark. (2018)’de yaptıkları çalışmada 447-475 adet arasında bulmuşlardır. Ayrıca bir başka çalışmada Demirel ve ark. (2020), toprakaltı damla sulamada 287-312 adet arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Salkım uzunluğu da sulama düzeyinden anlamlı şekilde etkilenmiş, 2024 yılında en yüksek değer 13.92 cm ile S150 uygulamasında elde edilirken, 2025 yılında 15.72 cm ile S125 uygulaması ön plana çıkmıştır (Şekil 6). Bu durum, orta ve yüksek sulama düzeylerinin salkım gelişimini olumlu yönde desteklediği söylenebilir. Nar ve ark. (2018), yaptıkları çalışmada 15.7-16.1 cm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Demirel ve ark. (2020), 15.0-15.6 cm arasında değerler elde ettiklerini belirtmişlerdir. Çalışmalardan elde edilen değerler birbiriyle benzer bulunmuştur.

Salkımda tane sayısı bakımından 2025 yılında en yüksek değer, 101 adet ile S125 uygulamasında kaydedilmiştir (Şekil 6). Bu bulgu, S125 sulama düzeyinin verim bileşenleri açısından optimum bir denge oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Literatür incelendiğinde; Nar ve ark. (2018) salkımda tane sayısını 64-75 adet, Demirel ve ark. (2020) ise 63-69 adet aralığında rapor etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen değerlerin, söz konusu literatür bildirişlerinden daha yüksek olduğu görülmektedir.

Bitki boyu değerleri her iki deneme yılında da artan sulama düzeyine paralel olarak yükselmiştir (Şekil 6). Ölçümler, 2024 yılında 51.33 cm ile 67.43 cm; 2025 yılında ise 51.40 cm ile 66.77 cm aralığında değişim göstermiştir. Yüksek sulama seviyelerinde kaydedilen bu artışın, bitkinin vejetatif gelişiminin teşvik edilmesi ve fotosentetik kapasitenin artmasından kaynaklandığı söylenebilir. Konuyla ilgili literatür incelendiğinde; Tuna (2012) bitki boyunu 88.3-97.3 cm, Nar ve ark. (2018) 44.2-47.9 cm, Demirel ve ark. (2020) ise toprakaltı damla sulama koşullarında 43.4-46.1 cm olarak bildirmiştir. Elde edilen bulgular, farklı yetiştirme koşullarına bağlı varyasyonlar içermekle birlikte, genel eğilim açısından literatür verileriyle uyum göstermektedir.



Şekil 6. Kalite parametrelerinin yıllara ve konulara göre değişimi

Figure 6. Changes in quality parameters over the years and by treatments

Yukarıda, yıllara bağlı olarak sulama konularının değişen değerleri verilmiş olup Çizege 3'te de bu değerlerin ortalamaları verilmiştir.

Çizelge 3. Konuların yıllara göre ortalama değerleri

Table 3. Average values of the treatments by year

Özellik / Sulama Konuları	S100	S125	S150
Toplam Sulama Suyu (mm)*	672 ± 22.57 c	796 ± 12.20 b	912 ± 10.84 a
IWUE (kg da ⁻¹ mm ⁻¹)*	0.492 ± 0.017 c	0.581 ± 0.011 b	0.867 ± 0.008 a
Verim (kg da ⁻¹)*	330 ± 3.62 c	462 ± 16.70 b	790 ± 8.12 a
Kırksız Randıman (%)*	51.33 ± 1.11 c	55.00 ± 1.54 b	57.83 ± 1.36 a
Bin Tane Ağırlığı (gr)*	17.42 ± 1.20 c	18.75 ± 0.47 b	20.42 ± 0.30 a
Tane Uzunluğu (mm)	7.92 ± 0.51 öd	7.96 ± 0.64 öd	8.13 ± 0.35 öd
Tane Genişliği (mm)*	2.86 ± 0.33 b	3.04 ± 0.25 a	3.08 ± 0.25 a
Salkım Sayısı (adet m ⁻²)*	227 ± 46 c	288 ± 91 b	509 ± 77 a
Salkım Uzunluğu (cm)*	13.12 ± 2.18 b	13.32 ± 2.96 ab	14.29 ± 1.51 a
Salkımda Tane Sayısı (adet)*	77 ± 24 b	91 ± 30 a	72 ± 22 b
Bitki Boyu (cm)*	51.37 ± 6.47 c	56.17 ± 7.72 b	67.10 ± 5.08 a

*: P < 0.05 olasılık düzeyinde önemlidir; öd: Önemli değildir.

Elde edilen sonuçlar, artan sulama suyu miktarının bitki gelişimi, verim ve kalite parametreleri üzerinde genel olarak istatistiksel olarak anlamlı etkiler oluşturduğunu ortaya koymuştur (p<0.05). Toplam sulama suyu miktarı sulama konularına bağlı olarak anlamlı şekilde artmış ve S150 uygulaması 912 mm ile en yüksek değeri almıştır. Buna paralel olarak dane verimi S100 uygulamasında 330 kg da⁻¹ iken, S125 ve S150 uygulamalarında sırasıyla 462 ve 790 kg da⁻¹'a yükselmiş, uygulamalar arasında istatistiksel olarak farklı gruplar oluşmuştur. Bu durum, yeterli su temininin fotosentetik aktiviteyi ve asimilasyon ürünlerinin dane dolumuna taşınmasını artırdığını göstermektedir.

Kırksız randıman ve bin tane ağırlığı bakımından da sulama düzeyleri arasında anlamlı farklılıklar belirlenmiş, en yüksek değerler S150 uygulamasından elde edilmiştir. Tane uzunluğu sulama düzeylerinden etkilenmezken, tane genişliği S125 ve S150 uygulamalarında S100'e göre anlamlı şekilde daha yüksek bulunmuştur. Bu sonuç, tane morfolojisinin en boy oranı açısından sulamaya farklı tepkiler verdiğini ortaya koymaktadır. Salkım sayısı, salkım uzunluğu ve bitki boyu sulama artışına paralel olarak önemli düzeyde artmış, özellikle S150 uygulamasında bitkilerin daha güçlü vejetatif gelişim gösterdiği belirlenmiştir. Buna karşın salkımda tane sayısı bakımından en yüksek değer S125 uygulamasında elde edilmiş, aşırı sulamanın (S150) bu parametre üzerinde sınırlayıcı etki oluşturabileceği düşünülmüştür.

Sonuç olarak, yüksek sulama düzeyleri verimi maksimize ederken, bazı verim bileşenleri açısından orta düzey sulamanın daha dengeli sonuçlar verdiği görülmüştür.

Sonuç

Çanakale ekolojik koşullarında damla sulama yöntemiyle yürütülen bu çalışmada, su düzeyinin İskender CL çeltik çeşidinin verim ve kalite özelliklerini doğrudan ve belirgin şekilde etkilediği sonucuna varılmıştır. Elde edilen veriler, damla sulamada tarla kapasitesi düzeyindeki sulamaların verimde %50'yi aşan ciddi kayıplara yol açtığını, diğer bir ifadeyle yaklaşık 240 mm'lik ilave sulama suyu ile dekara ortalama 460 kg'lık verim artışı sağlanabildiği ortaya çıkmıştır. Yani verilen sulama suyunun artırılmasıyla (S150) verim, kırksız randıman ve bitki gelişiminin maksimize edildiğini göstermiştir. Verim artışının temel belirleyicisinin, özellikle metrekaredeki salkım sayısındaki artış ve bin tane ağırlığındaki yükselme olduğu belirlenmiştir. Salkımda tane sayısının S125 uygulamasında maksimum düzeye ulaşması, aşırı sulamanın (S150) bazı verim bileşenleri üzerinde doygunluk veya sınırlayıcı etki oluşturabileceğine işaret etmektedir. Bu durum, yüksek verim hedeflenirken yalnızca su miktarının değil, suyun bitki gelişim evreleriyle uyumunun da dikkate alınması gerektiğini göstermektedir.

Sonuç olarak, Çanakkale koşullarında damla sulama ile yetiştirilen IMI özellikli İskender CL çeltik çeşidinde, S150 sulama düzeyi mutlak verim ve kalite açısından en üstün uygulama olarak belirlenmiştir. Bununla birlikte, suyun kısıtlı olduğu koşullarda S125 uygulaması, verim bileşenleri bakımından daha dengeli bir alternatif olarak değerlendirilebilir. Geleneksel göllendirme yöntemine güçlü bir alternatif olarak değerlendirilen damla sulama sistemi, su tasarrufu potansiyeli ile öne çıkarken; bu sistemde verim ve kalite kayıplarını önleyecek optimum sulama düzeyinin belirlenmesi kritik önem taşımaktadır. Bu yönüyle çalışma, damla sulama sisteminde çeltik yetiştiriciliği için hem maksimum verim hem de suyun etkin kullanımı açısından bilimsel bir referans sunmaktadır.

Ek Beyanlar ve Bilgiler

Teşekkür: Bu araştırma makalesi, Hakan NAR'ın "Farklı Sulama Koşullarında Yetiştirilen Çeltik Bitkisinde İnsansız Hava Aracı ve Derin Öğrenme Kullanılarak Yabancı Ot Tespiti" başlıklı doktora tezinin bir parçasıdır. Çalışma, Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu (TÜBİTAK) 1160264 numaralı araştırma projesi kapsamında finanse edilmiştir.

Araştırmacıların Katkı Oranı: Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan eder.

Çıkar Çatışması Beyanı: Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

 This work is licensed under a Creative Commons Attribution CC-BY 4.0 International License.

Kaynaklar

- Belder, P., Bouman, B. A. M., Spiertz, J. H. J., Peng, S., Castaneda, A. R., & Visperas, R. M. (2005). Crop Performance, Nitrogen, and Water Use Efficiency of Aerobic Rice. *Plant and Soil*, 273(1), 167-182.
- Beşer N, & Sürek H. (2009). Çeltikte (*Oryza sativa* L.) Damla Sulama Araştırmaları Projesi Sonuç Raporu. T.C.Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar Genel Müdürlüğü, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü. Edirne.
- Demirel, K., Çamoğlu, G., Tatar, Ö., Nar, H., Boran A., Eroğlu, İ., & Genç, L. (2020). Use of Subsurface Drip Irrigation and Water Retention Barrier to Effective Use of Water in Rice. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 25(2), 108-121. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.678748>
- FAO, (2024). Knowledge Repository-Agricultural Production Statistics. (Link:<https://www.fao.org/statistics/highlights-archive/highlights-detail/agricultural-production-statistics-2010-2023/en>) (Erişim Tarihi: 10.11.2025)
- Hillel D, & Guron Y. (1973). Relation Between Evapotranspiration Rate and Maize Yield, *Water Resour Research*. 9: 743-748.
- Kızıl, Ü., Çamoğlu G., Aksu, S., H.F. Altınbilek, & Nar, H. (2023). Çeltikte Damla Sulamanın FAO Penman-Monteith Modeline Dayalı Sulama Otomasyon Sisteminin Geliştirilmesi, TÜBİTAK 122O082 No'lu proje sonuç raporu.
- Nar, H., Çamoğlu, G., & Demirel, K. (2018). Çeltikte Damla Sulama ile Su Tutma Bariyerinin Kullanımı. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 6(2), 73-82.
- Özer, Ş. (2018). Çeltik (*Oryza sativa* L.) Yetiştiriciliğinde Bitki Su Tüketimi Bileşenleri ile Su-Üretim Fonksiyonlarının Farklı Sulama Yöntemleri Altında Belirlenmesi, Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Namık Kemal Üniversitesi.
- Sokat, Y. (2023). Çeltik Üretiminde Farklı Sulama Sistemlerinin Yabancı Ot Türlerine Etkisi. *Turkish Journal of Weed Science*, 26(3), 243-252.
- Süer, İ. E., Eşitmez, B., Ateş, E., Kahraman, Ş., & Avşar, Ö. (2024). Damla Sulama Sistemi ile Yetiştiriciliği Yapılan Çeltikte Herbisitlerin Yabancı Otlara Karşı Etkinliğinin Belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3), 649-662.
- TAGEM, (2021). Trakya Koşullarında Çelik Yetiştiriciliğinde Yüzeyaltı ve Yüzeyüstü Damla Sulama Sistemlerinin Kullanım Olanaklarının Araştırılması, Proje sonuç raporu, TAGEM/TSKAD/G19/A9/P3/01-1.
- Tas, I. (2021). Production Cost and Water Savings of Paddy Produced by Drip Irrigation, *Current Trends in Natural Sciences*, 10(19), 151-165.
- TÜİK, (2024). Bitkisel üretim istatistikleri: 2024 yılı sonuçları, Türkiye İstatistik Kurumu. (Link: <https://data.tuik.gov.tr/>)(Erişim Tarihi: 28.11.2025)
- Tuna, B., (2012). Trakya Koşulları Çeltik (*Oryza sativa* L.) Tarımında Farklı Sulama Uygulamaları ve Su-Verim-Kalite İlişkilerinin Belirlenmesi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Tekirdağ.
- Yadav, S., & Reyes, L. (2016). Why Invest in Optimizing Water Use in Rice Farming, *Rice Today*, 15(2), 34-36.