

Topraksız Tarım Yapılan Serada Damlatıcı Su Dağılım Performanslarının Belirlenmesi

Sedat BOYACI¹ 

Ayşe BAŞPINAR² 

Ramazan GÜNGÖR³ 

¹Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, 40100, Kırşehir, Türkiye

²Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Tarım ve Jeotermal Proje Koordinatörlüğü, 40100, Kırşehir, Türkiye

³Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Teknik Bilimler MYO, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 40100, Kırşehir, Türkiye

Öz

Çalışma, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Jeotermal İleri Sera Teknolojileri ve Üretim Teknikleri Ortak Uygulama ve Araştırma Merkezinde yer alan venlo tip serada damla sulama sisteminin performansının değerlendirilmesi amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla, topraksız tarım yapılan ve yetiştirme ortamı olarak hindistan cevizi lifleri (kokopit) kullanılan sera içerisinde yer alan 5 sıra sehpa (gutter) sisteminde her sıradaki 48 adet ve toplamda 240 adet damlatıcıdan çıkan suyun debileri ölçülmüştür. Çalışmada damlatıcı debileri 2.13-2.27 L/h arasında, yapımca farklılık katsayısı (Cv) değerleri %4.46-12.97 arasında ve istatistiksel damlatıcı üniformitesi (Us) değerleri %87.03-95.54 arasında değişmiştir. Performans parametrelerinden; eş dağılım katsayısı (CU) %88.71-96.76 arasında, düzeltilmiş eş dağılım katsayısı (CU) %89.65-96.44 arasında, dağılım türdeşliği (DU) %87.67-94.82 arasında ve damlatıcı debi (yayınım) türdeşliği (EU) %91.06-95.39 arasında bulunmuştur. Çalışma sonucunda performans değerlendirilmesi yapılan serada kullanılan damla sulama sistemlerinin performans değerlerinin genel olarak çok iyi olduğu ancak bazı damlatıcılarda ortaya çıkan debi değişimlerine dikkat edilmesi gerektiği belirlenmiştir. Çünkü, seralarda kokopit ortamında yetiştirilen bitkilerin sulama ve gübrelemeye karşı hassas olması nedeniyle damlatıcılar arasındaki küçük farklılıklar ekonomik olarak verimde azalmaya neden olabilir. Bu nedenle kullanılan tüm damlatıcıların düzenli olarak kontrol edilmesi gerekmektedir.

Anahtar Kelimeler: Sera, damla sulama, debi değişimi, yapımca farklılık katsayısı, damlatıcı üniformitesi

Determination of the Water Distribution Performance of Emitter in a Soilless Agriculture Greenhouse

Abstract

The study was conducted to evaluate the performance of the drip irrigation system in a Venlo type greenhouse located in the Kırşehir Ahi Evran University, Geothermal Advanced Greenhouse Technologies and Production Techniques Collaborative Application and Research Center. For this purpose, the water flow rates of 48 emitters in each row and a total of 240 emitters in the 5-row gutter system in the greenhouse, which is used for soilless cultivation and cocopeat as a growing medium, were measured. In the study, the emitter flow rates were between 2.13 and 2.27 L/h, coefficient variation (Cv) values were between 4.46 and 12.97% and statistical emitter uniformity (Us) values were between 87.03 and 95.54%. For the performance parameters, Christiansen's uniformity (CU) between 88.71 and 96.76%, adjusted Christiansen's uniformity (CU) between 89.65 and 96.44%, distribution uniformity (DU) between 87.67 and 94.82%, and emission uniformity (EU) between 91.06 and 95.39% were determined. As a result of the study, it was determined that the performance values of the drip irrigation systems used in the greenhouse were generally very good, but attention should be paid to the flow rate changes that occur in some emitters. Because plants grown in cocopeat substrate in greenhouses are sensitive to irrigation and fertilization, small differences between emitters can lead to a decrease in yield economically. Therefore, all drippers used should be checked regularly.

Keywords: Greenhouse, drip irrigation, discharge variation, coefficient of variation, emitter uniformity.

Sorumlu Yazar/Correspondence to: S. Boyacı; sedat.boyaci@ahievran.edu.tr
Geliş Tarihi/Received: 06.11.2024 Kabul Tarihi/Accepted: 20.11.2024

Makalenin Türü: Araştırma
Category: Research

Sedat BOYACI  <https://orcid.org/0000-0001-9356-1736>

Ayşe BAŞPINAR  <https://orcid.org/0000-0002-0738-9974>

Ramazan GÜNGÖR  <https://orcid.org/0000-0001-9834-1265>

Giriş

Sera sistemlerinde bitkilerin su ve besin alımına ilişkin bilgi, bitki büyümesini en iyi şekilde destekleyen sürdürülebilir stratejilerin geliştirilmesi için çok önemlidir (Kläring, 2001). Bazı alternatif stratejilerle karşılaştırıldığında, geleneksel tarım, nispeten düşük verim için

büyük miktarlarda tatlı su ve gübre tüketir (Fussy and Papenbrock, 2022). Ancak topraksız tarımda aynı miktarda ürün için kullanılan su miktarı topraklı tarıma göre 20 kat daha düşük olabilmektedir (Lakkireddy ve ark., 2012). Bu durum özellikle su kaynaklarının her geçen gün azaldığı dünyamızda mevcut kaynakların kontrollü kullanılmasına olanak sağlamaktadır

(Olympos, 1999). Aynı zamanda topraksız tarım, özellikle yoğun toprak bozulması ve sınırlı su kaynağı olan bölgelerde bitkisel üretim için çeşitli avantajlara sahip, umut verici, yoğun ve sürdürülebilir bir yaklaşımdır (Sambo ve ark., 2019; Gruda, 2022). Örtüaltı sebze yetiştiriciliğinde dünyada olduğu gibi ülkemizde de başta çevre kirliliği ve toprak kaynaklı olmak üzere ortaya çıkan sorunların artması nedeniyle geleneksel yetiştirme sistemleri yerini topraksız kültür yetiştirme sistemlerine bırakmaya başlamıştır (Aydoğan ve Gül, 1999; Tüzel ve Gül, 2007). Topraksız tarım tekniği, toprak kullanılmadan bir ortamda bitki yetiştirilen ve birçok üretim şeklini kapsayan oldukça geniş bir terimdir. Topraksız tarım tekniklerinin sınıflandırılması, bitkinin yetiştirildiği ortama (ortam “substrat” kültürü veya su kültürü), besin solüsyonunun uygulanma şekline (damla sulama, yüzeyaltı, sisleme, akan su kültürü veya durgun su kültürü) ve besin solüsyonunun yönetimine (açık sistem “serbest drenaj” veya kapalı sistem “sirküle edilen solüsyon”) bağlı olarak yapılmaktadır (Vox ve ark., 2010). Topraksız tarımda kullanılan en yaygın yetiştirme ortamı substrat kültürüdür. Kullanılan substratlar arasında ise organik (torf, hindistan cevizi torfu, talaş, ağaç kabuğu, çeltik kavuzu vb.), inorganik (kum, çakıl, volkanik tuf, zeolit gibi doğal inorganik ortamlar; perlit, vermikülit, kayayünü gibi işlem görmüş inorganik ortamlar) ve sentetik-organik (poliüretan köpük) olarak üç ana grupta sınıflandırılmaktadır (Letard, 1982; Sevgican, 1999; Leonardi, 2004; Gül, 2008).

Topraksız tarımda bitkilerin beslenmesi için gerekli olan besin maddelerini içeren gübreler sulama suyunda uygun konsantrasyonlarda çözülür ve oluşan çözeltiye “besin çözeltisi” adı verilir. Besin çözeltisinin uygulanışına göre, substrat kültürü açık ve kapalı sistemler olmak üzere ikiye ayrılır. Substrat kültüründe en yaygın olarak bitkilerin su ve besin gereksinimleri damla sulama sistemiyle karşılanmaktadır (Savvas ve ark., 2013). Damla sulama, yüzey sulama yöntemlerine göre kullanılan sulama suyundan tasarruf sağlayabilmesi ve kontrol edilebilirliği nedeniyle yapılan uzun süreli sulama uygulamalarında en etkili ve güvenilir yöntem olarak kabul edilmektedir (Rhoades ve ark., 1992; Rockström ve ark., 2009). Günümüzde

çoğunlukla seralarda olmak üzere, tarım alanlarının önemli bir kısmı damla sulama yöntemi ile sulanmaktadır. Modern sulama yöntemlerinden biri olan ve sulama suyunu bir iletim (boru) sistemiyle taşıyarak, damlatıcı adı verilen özel yapılara sahip araçlarla bitki kök bölgesine uygulayan damla sulama sistemlerinin en önemli kısıtlarının başında, damlatıcıların zamanla tıkanarak sistem performansını önemli ölçüde düşürmesidir (Özekici ve Sneed, 1995; Özekici ve Bozkurt, 1999; Tekin ve ark., 2016; Tekin, 2018). Damla sulamada tıkanıklıklara neden olan temel sorunlar arasında damlatıcıların tuz, çeşitli katı parçacıklar, organik maddeler, suda eriyebilir kimyasal maddelerin çökmesi ve mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşan maddeler ile kolaylıkla tıkanabilmesidir. Ortaya çıkan bu durum sonucunda oluşan düzensiz akış hızları sistem performansını olumsuz etkilemektedir. Ancak sistemde kullanılacak yüksek kaliteli su ve yapılacak ön filtreleme, özellikle tortu, kum veya diğer organik maddelerin mevcut olabileceği bazı su kaynaklarının olumsuz etkilerini azaltmaya yardımcı olur. Ayrıca, doğrudan ışığa tamamen maruz kalan damlatıcılar tuz birikintilerinin artmasına neden olabilir ve damlatıcı çıkışlarının etrafında yosun da büyüyerek tıkanıklıklara neden olabilir. Bu problemlerin bitki büyüme sorunlarına yol açmasını önlemek için, sulama açıkken damlatıcılar düzenli olarak izlenerek hepsinin doğru çalıştığından emin olunmalıdır (Morgan, 2021). Çünkü damla sulama sisteminin etkinliği damlatıcılardan akan suyun üniformitesine bağlıdır. Bu nedenle ideal olarak sistemde bulunan tüm damlatıcıların eşit su dağıtması gerekmektedir. Ancak gerçekte ortaya çıkan durum aynı olması gereken damlatıcılar arasındaki yapısal farklılığı, basınç farklılığı, damlatıcının zamanla tıkanması, yıpranması ve ısı farklılıkları gibi sorunlardan dolayı eş su dağılımları arasında farklılıklar görülür (Özekici ve Sneed, 1995; Özekici ve Bozkurt, 1999; Tekin ve ark., 2016; Tekin, 2018). Damla sulama sistemlerinde damlatıcıların tıkanmasını önlemek amacıyla uygulanacak yöntemlerden elde edilecek başarı, tıkanma etmenlerinin doğru olarak belirlenmesine bağlı olduğundan su analizleri yapılarak, belirli kalitede sulama suyunun kullanılması sonucunda damlatıcı tıkanmasına neden olabilecek etmenlerin belirlenmesi ve buna bağlı olarak alınacak

önlemlerin uygulanması oldukça önemlidir. Ayrıca, sistemin ileriye yönelik kullanılabilmesi ve sürekliliği açısından damlatıcı performanslarının belirlenmesi projelendirme aşamasında da önemlidir (Davarcı ve Taş, 2020; Bozkurt Çolak ve ark., 2020). Bir sulamadan beklenen faydanın sağlanabilmesi için suyun toprağa uygun zamanda ve uygun miktarda verilmesi temeldir. Bu durum ancak doğru sulama yöntemlerinin seçilmesiyle gerçekleştirilebilir. Doğru sulama yönteminin seçimi kadar önemli diğer bir husus ise seçilen sulama yönteminin doğru projelendirilmesi, uygulanması ve performansının istenilen düzeyde olmasıdır. Çünkü, damla sulama sistemleri laboratuvar koşullarında yüksek performans gösterebilen ancak uygulama koşullarında ortaya çıkabilecek çeşitli değişkenlerin etkisiyle performansında kayıp oluşabilecek sistemlerdir. Bu nedenle damla sulama sisteminin iyileştirilmesi ve yeni sistemlerin planlanması için en iyi yol mevcut olan sistemlerin izlenmesi ve değerlendirilmesidir (Tekin ve ark., 2021).

Bu çalışmada, kokopit kullanılan topraksız tarım serasında spagetti tip damlatıcıların bazı performans parametrelerinin izlenmesi ve değerlendirilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, damlatıcılarda tıkanmanın damlatıcı debi değişimine, yapımcı farklılık katsayısı, istatistiksel damlatıcı üniformitesi, eş dağılım katsayısı, düzeltilmiş eş dağılım katsayısı, dağılım türdeşliği ve damlatıcı debi (yayınım) türdeşliğine etkileri ortaya konulmuştur. Çalışma sonuçlarının, yüksek teknolojlili seralarda damlatıcı performansından kaynaklı

verim kayıplarının azaltılması için alınması gerekli önlemler konusunda rehberlik sağlayacaktır.

Materyal ve Yöntem

Çalışma, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Jeotermal İleri Sera Teknolojileri ve Üretim Teknikleri Ortak Uygulama ve Araştırma Merkezinde yer alan venlo tip serada yürütülmüştür. Seranın boyutları 8x27m olmak üzere toplam taban alanı 216 m² ve uzun eksen yönü Kuzey-Güney doğrultusundadır. Çalışmanın yürütüldüğü serada katı ortam kültüründe yaygın olarak kullanılan kokopit ve her kokopit içerisinde 3 adet domates bitkisi bulunmaktadır. Sera içerisindeki gübreleme ve sulamada damla sulama sistemi kullanılmış olup, her sırada 96 adet spagetti tip damlatıcı olmak üzere toplamda 5 sıra olan gutterlarda 480 adet damlatıcı bulunmaktadır. Sera içerisinde damla sulama sistemi performans parametreleri belirlenmesi için ölçümler her sıradaki 96 damlatıcı bir adet atlanarak bir sırada 48 adet ve 5 sırada toplam 240 adet damlatıcıdan çıkan suyun debileri hacimsel olarak ölçülmüştür. Bu amaçla lateral hatlarında yer alan damlatıcıların altına denk gelecek şekilde ölçülü beher kapları yerleştirilerek 2 dakika süresince beherlerde biriken su miktarı ölçülmüş ve saatlik debi hesabından gidilerek sonuçlar L/h'e dönüştürülmüştür.

Damlatıcı performanslarının parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan eşitlikler Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Damlatıcı performanslarının parametrelerinin belirlenmesinde kullanılan eşitlikler

Kriterler	Eşitlikler	Kaynaklar
Debi Değişimi (qv)	$q_v = \left[\frac{q_{max} - q_{min}}{q_{max}} \right] \times 100$	(Mofoke ve ark., 2004)
Yapımcı Farklılık Katsayısı (CV)	$CV = \frac{S_q}{\bar{q}}$	(ASAE 2002)
İstatistiksel Damlatıcı Üniformitesi (Us)	$Us = \left(1 - \frac{S_q}{\bar{q}} \right) \times 100$	(ASEA 2002)
Christiansen Eşdağılım Katsayısı (CU)	$CU = 100 \times \left(1 - \frac{\sum q - \bar{q} }{\bar{q}} \right)$	(ASAE, 2003; Christiansen, 1942)
Düzeltilmiş Christiansen Eşdağılım Katsayısı (adjCU)	$adjCU = 100 \times (1 - 0.798 \times CV)$	(ASAE, 2003; Christiansen, 1942)
Dağılım Türdeşliği (DU)	$DU = 100 \times \left(\frac{q_{iq}}{\bar{q}} \right)$	(James 1988)
Damlatıcı Debi veya Su Çıkış (Yayınım) Türdeşliği (EU)	$EU = \left[1 - 1.27 \frac{CV}{N^{0.5}} \right] \times \frac{q_{min}}{\bar{q}}$	(Keller ve Karmeli, 1974)

Eşitlikte; S_q: Standart sapma, $\bar{q}$: Ortalama damlatıcı debisi (L/h), $|q - \bar{q}|$: Her bir damlatıcı debisinin ortalamadan olan mutlak sapmalarının ortalaması, q_{iq} : Damlatıcı debilerinden en küçük değere sahip 1/4'ün (alt çeyrek) ortalaması (L/h), N: Değerlendirilen damlatıcı sayısı (adet), q_{max}: Maksimum damlatıcı debisi (L/h), q_{min}: Minimum damlatıcı debisi (L/h).

Çalışmada elde edilen performans sınıflandırılması Çizelge 2’de verilmiştir. parametrelerinin sınır değerleri ve

Çizelge 2. Performans parametrelerinin sınır değerleri ve sınıflandırılması (ASAE, 1994, 2002; Tüzel, 1993)

Sınıflandırma	CV (%)	Us (%)	CU (%)	DU (%)	EU (%)
Çok iyi	<5	100-95	>90	>85	≥94
İyi	5-7	90-85	80-90	70-85	81-87
Orta	7-11	80-75	70-80	60-70	68-75
Zayıf	11-15	70-65	60-70	50-60	56-62
Kabul Edilemez	>15	<60	<60	<50	≤50

Bulgular ve Tartışma

Çalışmada ölçülen debi ve yapımcı farklılık katsayısı (CV), istatistiksel damlatıcı üniformitesi (Us), Christiansen eşdağılım katsayısı (CU), düzeltilmiş Christiansen eşdağılım katsayısı (adjCU), dağılım türdeşliği (DU) ve damlatıcı debi veya su çıkış (yayınım) türdeşliği (EU) değerleri başlıklar halinde

tartışılarak performans parametreleri ve sınıflandırmaları değerlendirilmiştir.

Lateral Boyunca Damlatıcı Debi Değişimi

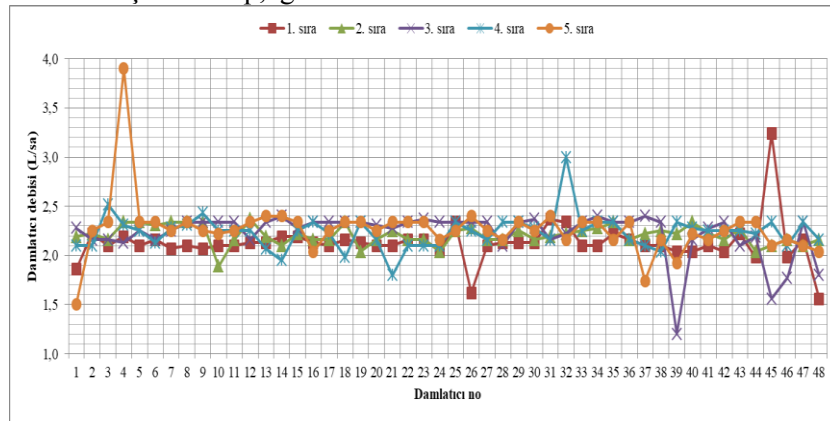
Çalışmada sera içeirisinde 5 farklı lateral hattı boyunca debi miktarı ve damlatıcı debi değişimleri (q_v) Çizelge 3’te verilmiştir.

Çizelge 3. Farklı lateral sıra hatlarındaki debi miktarı ve damlatıcı debi değişimleri

Sıra	Debi, L/h	Damlatıcı debi değişimleri (q_v), %
1. sıra	2.13	51.90
2. sıra	2.21	20.30
3. sıra	2.23	50.00
4. sıra	2.23	40.00
5. sıra	2.27	61.50

Buna göre lateral hatları 1-5. sıralar için sırasıyla 2.13 L/h, 2.21 L/h, 2.23 L/h, 2.23 L/h ve 2.27 L/h olarak belirlenmiştir. Çalışmada, damlatıcı debi değişimi (q_v) %20.2-61.5 arasında geniş aralıklar içinde olup, genellikle

kabul edilen sınır olan % 10 (Kadale ve ark., 2007) değerinin oldukça üzerindedir. Lateral hattı boyunca damlatıcılarda ölçülen debilerin değişimleri Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Farklı lateral hattı boyunca ölçülen debilerin değişimleri

Şekil 1’de görüldüğü üzere ölçülen 48 adet damlatıcının bazılarının ortalamadan saptığı görülmektedir. Bu durum damlatıcı debileri arasında farklılıklara neden olmaktadır. Basınç değerinin sabit olması nedeniyle ölçülen debi

değerleri arasındaki farkın damlatıcı yapım hatası veya damlatıcı tıkanıklığı olduğunu söylemek mümkündür.

Çalışmada debi ölçümleri lateral hattının başı (1/3’lük kısmı), ortası (2/3’lük kısmı) ve sonu

(3/3'lük kısmı) olarak 3 kısma ayrıldığında ortalama debiden farkı Çizelge 4'te verilmiştir. ölçülen debi değerlerinin lateral hattındaki

Çizelge 4. Lateral hatlarının farklı kısımlarında ölçülen debi değerleri

Sıra	$\bar{q}$, L/h	$q_{1/3}$	$q_{1/3} - \bar{q}$	$q_{2/3}$	$q_{2/3} - \bar{q}$	$q_{3/3}$	$q_{3/3} - \bar{q}$
1. sıra	2.13	2.12	-0.01	2.13	0.00	2.13	0.00
2. sıra	2.21	2.23	0.02	2.19	-0.02	2.21	0.00
3. sıra	2.23	2.27	0.04	2.30	0.07	2.12	-0.11
4. sıra	2.23	2.24	0.01	2.23	0.00	2.24	0.01
5. sıra	2.27	2.34	0.07	2.29	0.02	2.17	-0.10

$\bar{q}$: lateral hattındaki ortalama debi (L/h), $q_{1/3}$: lateral hattının 1/3 lük kısmında ölçülen ortalama debi (L/h), $q_{2/3}$: lateral hattının 2/3 lük kısmında ölçülen ortalama debi (L/h), $q_{3/3}$: lateral hattının 3/3 lük kısmında ölçülen ortalama debi (L/h)

Çizelge 4'te görüldüğü üzere lateral hatları arasında ve her sıra içerisinde debi farklılıkları olduğu görülmektedir. Topraksız tarım yapılan seralarda kullanılan damla sistemindeki sulamalar günlük bitki su isteğine göre tek seferde değil gün içerisinde mevsim etkisi ile bitki gelişim dönemleri dikkate alınarak yeterli miktarda ve düzenli olarak yapılmaktadır. Çalışmada elde edilen değerlerden 3. sıranın ortası (70 ml'den fazla) ve sonu (110 ml'den eksik) ile 5. sıranın baş kısmında (70 ml'den fazla) yer alan bitkilerin gün içerisinde diğer bitkilere göre yaklaşık olarak 1 adet sulama eksik veya fazla sulama yapıldığı görülmektedir. Seralarda yetiştirilen bitkiler sulama ve

gübrelemeye karşı hassas olması nedeniyle damlatıcılar arasındaki küçük farklılıklar verimde azalmaya neden olabilir. Yosunlar, damlama hatlarının nemli ve besin açısından zengin ortamında hızla birikerek sistemi tıkayabilir ve bitkilere olan besin iletimini bozabilir (Haman, 2017; Tekin and Yazar, 2024). Çalışmada yetiştirme ortamında yosunlaşma oluşmuş, oluşan bu yosunlaşma aynı zamanda kullanılan spaghetti tip damlatıcılarında yosunlaşmadan etkilenmesine neden olmuştur (Şekil 2). Bu nedenle kullanılan tüm damlatıcıların düzenli olarak kontrol edilmesi gerekmektedir.



Şekil 2. Bitki yetiştirme ortamında (a) ve Spaghetti tip damlatıcılarda oluşan yosunlaşma (b)

Yapım Farklılık Katsayısı

sınıflandırması Çizelge 5’te verilmiştir.

Çalışmada, farklı sıra hatlarındaki damlatıcıların, yapım farklılık katsayıları ve

Çizelge 5. Lateral hatlarındaki yapım farklılık katsayıları ve sınıflandırması

Sıra	CV, %	Sınıflandırma
1. sıra	10.11	Orta
2. sıra	4.46	Çok iyi
3. sıra	10.09	Orta
4. sıra	7.73	İyi
5. sıra	12.97	Zayıf

Çizelge 5’de görüldüğü üzere aynı basınç altında lateral hatları arasında ve her hat içerisinde yapım farklılık katsayısında (CV) değişimler olduğu görülmektedir. Buna göre lateral hatları için hesaplanan CV değerleri sırasıyla %10.11, %4.46, %10.09, %7.73 ve %12.97 olarak belirlenmiştir. Buna göre 3. sıra lateral hattı orta olarak sınıflandırılırken 5. sıradaki lateral hattı zayıf olarak sınıflandırılmıştır. Damlatıcı akış türdeşliğini etkileyen en önemli parametrelerden bir tanesi damlatıcı yapım farklılıklarıdır. Damla sulama sisteminden yüksek oranda su dağıtım türdeşliği elde edebilmek için damlatıcıların hatasız yapılması gerekmektedir. Üretim sırasındaki sıcaklık değişimleri, şekillendirme hataları ve işlenmemiş materyalin tam karışamaması gibi birçok etken, damlatıcı türdeşliğini etkileyen etmenler olarak sayılabilir (Solomon, 1985; Madramootoo ve ark., 1988). CV konusunda araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalarda, Tekin ve ark. (2021) tarafından yapılan çalışmada en düşük yapım farklılık katsayısı %11, en yüksek %51 arasında ve sınıflandırmaların çok düşük ve istenmeyen sınır değerlerinde olduğunu bildirmişlerdir. Tekin ve

ark. (2016) dört farklı damlatıcının farklı basınçlar altındaki CV değerlerini araştırdıkları çalışmalarında CV değerlerinin çok iyi sınıfında olduğunu ve artan basınç değeri ile birlikte CV değerlerinde arttığını belirlemişlerdir. Çalışmada debi ölçümleri aynı basınç altında yapıldığından CV değerindeki olumsuzlukların hatalı üretimden kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca, damla sulama sistemindeki lateral hatları sehpa altlarından geçmektedir. Lateral hatlarına bağlanan spagetti boruları ince çaplı olduğu için yetiştirme ortamına yerleştirilmeleri sırasında borularda kıvrılmalar meydana gelebilmektedir. Bu durum akan debinin azalmasına neden olabileceği gibi standart sapmayı arttırıp CV katsayısı değerlerini arttırabilir. Bu nedenle spaghetti boruların yetiştirme ortamına konulmasında ortaya çıkacak kıvrılmaların düzeltilmesi gerekmektedir.

İstatistiksel Damlatıcı Üniformitesi

Çalışmada, farklı sıra hatlarındaki damlatıcıların İstatistiksel damlatıcı üniformite (Us) değerleri ve sınıflandırması Çizelge 6’da verilmiştir.

Çizelge 6. Lateral hatlarındaki istatistiksel damlatıcı üniformitesi ve sınıflandırması

Sıra	US, %	US, %
1. sıra	89.89	İyi
2. sıra	95.54	Çok iyi
3. sıra	89.91	İyi
4. sıra	92.27	İyi
5. sıra	87.03	İyi

Çizelge 6’da görüldüğü üzere lateral hatları arasında ve her hat içerisinde istatistiksel damlatıcı üniformitesi (Us) farklılıkları olduğu görülmektedir. Buna göre lateral hatlarındaki Us değerleri sırasıyla %89.89, %95.54, %89.91 %92.27 ve %87.03 olarak belirlenmiştir. Buna göre, 2. sıra çok iyi diğer sıralarda ise iyi

sınıfındadır. Şekil 1’e bakıldığında lateral hatlarındaki damlatıcılar arasında ortalamadan düşük ve yüksek debilere sahip damlatıcılar bulunmaktadır. Tekin ve Özge (2023) sudaki yüksek tuz konsantrasyonu ve damlatıcı tıkanıklığı nedeniyle CV değerlerinin arttığını ve istatistiksel damlatıcı üniformite değerlerinde

farklılıkların olduğunu belirlemişlerdir. Benzer olarak yapılan çalışmada da, yapım farklılık katsayısındaki artışa bağlı olarak istatistiksel damlatıcı üniformitesi değerlerinin azaldığı belirlenmiştir.

Christiansen ve Düzeltilmiş Christiansen Eşdağılım Üniformitesi

Farklı sıra hatlarındaki Christiansen Eşdağılım Üniformitesi (CU) ve Düzeltilmiş Christiansen Eşdağılım Üniformitesi (adjCU) katsayıları ve sınıflandırması Çizelge 7’de verilmiştir.

Çizelge 7. Lateral hatlarındaki eş su dağılım üniformiteleri ve sınıflandırması

Sıra	UC, %	UC, %	adjCU, %	adjCU, %
1. sıra	91.16	Çok iyi	91.93	Çok iyi
2. sıra	96.76	Çok iyi	96.44	Çok iyi
3. sıra	93.28	Çok iyi	91.95	Çok iyi
4. sıra	93.83	Çok iyi	93.83	Çok iyi
5. sıra	88.71	İyi	89.65	İyi

Çizelge 7’de görüldüğü üzere aynı basınç altında lateral hatları arasında ve her hat içerisinde eş dağılım (UC ve adjUC) üniformitesinde farklılıklar olduğu görülmektedir. Buna göre lateral hatlarındaki UC değerleri sırasıyla %91.16, %96.76, %93.28, %93.83 ve %88.71 olarak belirlenmiştir. Lateral hatlarındaki adjCU değerleri sırasıyla %91.93, %96.44, %91.95 %93.83 ve %89.65 olarak belirlenmiştir. Lateral hatlarının sınıflandırılması ise 1-4. lateral hatlarındaki UC değerlerinin sınıflandırması çok iyi iken 5. sırada ise iyi olarak belirlenmiştir. Araştırmacıların yapmış oldukları çalışmalarda, damla sulama sistemlerinin en yaygın ve önemli kısıtlarından bir tanesinin damlatıcı tıkanıklığının olduğunu ve damlatıcıların kısmen veya tamamen tıkanması durumunda su dağıtım türdeşliğini düşürerek sulama randımanını

azalttığını belirtmişlerdir (Kırnak ve ark., 2004; Granberry ve ark., 2012; Noori ve Thamiry, 2012). Çalışmada elde edilen değerler ortalama değerler olduğu için UC değerleri genel olarak çok iyi ve iyi sınıfında yer almıştır. Ancak, damlatıcıların bireysel olarak değerlendirilmesi gerekmektedir. Buna göre, CV değeri yüksek olan ve standart sapmanın altında veya üzerinde kalan damlatıcılardan üretim hatası olanların sistemden çıkarılması gerekmektedir. Tıkanan damlatıcıların ise tıkanıklıklarının giderilerek kullanılması eşdağılım üniformitesi ve sulama randımanının artırılması bakımından önemlidir.

Dağılım Türdeşliği

Farklı sıra hatlarındaki dağılım türdeşliği (DU) katsayıları ve sınıflandırması Çizelge 8’de verilmiştir.

Çizelge 8. Lateral hatlarındaki Dağılım türdeşliği ve sınıflandırması

Sıra	DU, %	DU, %
1. sıra	91.68	Çok iyi
2. sıra	94.82	Çok iyi
3. sıra	87.67	Çok iyi
4. sıra	91.55	Çok iyi
5. sıra	89.13	Çok iyi

Çizelge 8’de görüldüğü gibi lateral hatlarındaki DU değerleri sırasıyla %91.68, %94.82, %87.67, %91.55 ve %89.13 olarak belirlenmiştir. Lateral hatlarının sınıflandırılması ise çok iyi olarak hesaplanmıştır. Bozkurt Çolak ve ark. (2020) tarafından yapılan çalışmada DU değerleri %82.6-%96.7 arasında olup sınıflandırmalarını iyi ve çok iyi olarak belirtmişlerdir. Tekin ve Özge (2023) ise yüksek tuz konsantrasyonundan kaynaklı damlatıcı tıkanıklıklarının DU değerlerini azalttığını bildirmişlerdir. Yapılan

çalışmalarda DU değerleri çok iyi sınıfında yer alsada CU ve adjCU değerlerinde bahsedildiği gibi damlatıcıların tek tek değerlendirilmesi ve uygun olmayan damlatıcılar için gerekli önlemlerin alınması türdeş bir su dağılımı için oldukça önemlidir.

Damlatıcı Debi veya Su Çıkış (Yayınım) Türdeşliği

sınıflandırması Çizelge 9’da verilmiştir.

Farklı sıra hatlarındaki damlatıcı debi veya su çıkış (yayınım) türdeşliği (EU) katsayıları ve

Çizelge 9. Lateral hatlarındaki damlatıcı debi veya su çıkış (yayınım) türdeşliği ve sınıflandırması

Sıra	EU, %	EU, %
1. sıra	71.99	Orta
2. sıra	84.94	İyi
3. sıra	52.82	Kabul edilmez-Zayıf
4. sıra	79.44	Orta-İyi
5. sıra	64.61	Zayıf-Orta

Çizelge 9’dan görüldüğü üzere aynı basınç altında lateral hatları arasında ve her hat içerisinde damlatıcı debi veya su çıkış (yayınım) türdeşliği değerleri arasında farklılıklar olduğu görülmektedir. Buna göre lateral hatlarındaki EU değerleri sırasıyla %72.0, %84.9, %52.8, %79.4 ve %64.6 olarak belirlenmiştir. Lateral hatların sınıflandırılması ise 3. ve 5. sıralarda kabul edilmez-zayıf ve zayıf-orta sınıfına girmiştir. Özer ve ark. (2020), EU değerlerinin %58-89 arasında değiştiğini, Bozkurt Çolak ve ark. (2020) ise EU değerlerinin %61.0-%92.0 arasında olanlar için ise zayıf ve çok iyi olarak sınıflandırmışlardır. Al-Karaghouli ve Minasian (1992), damla sulama sistemlerinde EU değerinin verimle ilişkili olduğunu, Dalvi ve ark. (1995) ise düşük EU değerlerinin tıkanan damlatıcılardan, sistemden olan sızmalar ve sistem parçalarındaki deformasyonlardan kaynaklı olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan çalışmada ise CV değerlerindeki artış ve bazı damlatıcı debilerinin ortalamadan çok düşük çıkması EU değerlerini azaltmıştır.

Sonuç

Topraksız tarımda, bitki gelişimi için gerekli olan su ve besin elementleri gereken miktarlarda kök ortamına verilmesi esasına dayanmaktadır. Bu nedenle, kokopit/substrat kültüründe yetiştiricilik yapılan seralarda su ve gübreleme kadar bunları bitki kök bölgesine taşıyan damlatıcıların performansında üniform bir yetiştiricilik için oldukça önemlidir. Bu amaçla, topraksız tarım yapılan seralarda damlatıcı su dağılım performanslarının belirlendiği çalışmalarda;

- Yetiştiriciliğin yapılacağı seralarda yüksek verim olgusuna karşılık kullanılan sulama lateral hatları ve damlatıcılarda ortaya

çıkabilecek hataların belirlenmesi için yapımçı farklılıklarının kullanılmadan önce test edilmesi gerekmektedir.

- Sehpa (gutter) altlarında suyun iletilmesinde kullanılan lateral boru hatları ve bitki kök bölgesine iletilmesini sağlayan spaghetti boruların debi akışını engellemeyecek şekilde düzgün yerleştirilmesi ve zamanla ortaya çıkacak kıvrılmaların düzenli olarak takip edilmesi suyun iletimi açısından önemlidir.
- Yetiştirme ortamının doğrudan güneşle temas eden damlatıcı çıkışlarında meydana gelebilecek tuz birikintileri ve yosunlaşma tıkanıklıklara neden olabileceğinden düzenli olarak kontrol edilmesi oldukça önemlidir.

Çalışma sonucunda yoğun tarımsal faaliyetlerin yürütüldüğü seralarda damlatıcıların performansından kaynaklı bitki büyüme sorunlarını önlemek için, sistem çalışırken damlatıcılar düzenli olarak izlenerek hepsinin doğru çalıştığının kontrol edilmesi, tuz veya yosun ile tıkanan damlatıcıların yıkanarak veya asitle temizlenmesinin sulama üniformitesine bağlı verim kayıplarının azaltılması bakımından önemli olacağı sonucuna varılmıştır.

Kaynaklar

- Al-Karaghouli, A.A., Minasian, A.N., 1992. Emission Uniformity of Drip Irrigation Systems. *Plasticulture*. 94: 33-38.
- ASAE, 1994. Design and Installation of Microirrigation Systems. ASAE EP405.1 Dec.93, p.724-727.
- ASAE, 2002. Design and Installation of Microirrigation Systems. ASAE EP405.1 Dec.01, p.903-907.
- ASAE., 2003. Field Evaluation of Micro Irrigation Systems. EP458. American

- Society of Agricultural St. Joseph, 760-765.
- Aydoğan, N.G., Gül, A., 1999. Topraksız Kavun Yetiştiriciliğinde Torba Özelliklerinin Bitki Gelişimi ve Verime Etkileri. Türkiye 3. Ulusal Bahçe Bitkileri Kongresi, 343-347.
- Bozkurt Çolak, Y., Baydar, A., Özfıdaner, M., Gönen, E., Duraktekin, G., 2020. Tarsus Bölgesi Bazı Nektarin Bahçelerinde Kullanılan Damla Sulama Sistemlerinin Teknik Performanslarının Değerlendirilmesi. Alatarım, 19(2): 99-107.
- Christiansen, J.E., 1942. Irrigation by Sprinkling. University of California Agricultural Experiment Station Bulletin n. 670, 124.
- Dalvi, V.B., Satpute, G.U., Pawade, M.N., Tiwari, K.N., Lamm, F.R., 1995. Growers' Experiences and On-Farm Microirrigation. In: Proceedings of the 5th International Microirrigation Congress, 2-6 April, 1995, USA, 775-780.
- Davarcı, B., Taş, İ., 2020. Bursa Bölgesinde Kullanılan Damla Sulama Sistemlerinin Performansları. ADÜ Ziraat Dergisi, 17(1): 91-97. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.718613>
- Fussy, A., Papenbrock, J., 2022. An Overview of Soil and Soilless Cultivation Techniques-Chances, Challenges and the Neglected Question of Sustainability. Plants, 11: 1153. <https://doi.org/10.3390/plants11091153>.
- Granberry, D.M., Harrison, K.A., Kelley, W.T., 2012. Drip Chemigation: Injecting Fertilizer, Acid and Chlorine. Univ. of Georgia, Cooperative Extension, Athens, GA, 1130.
- Gruda, N.S. 2022. Advances in Soilless Culture and Growing Media in Today's Horticulture—An Editorial. Agronomy, 12, 2773.
- Gül, A., 2008. Topraksız Tarım. Hasad Yayıncılık, 144s, İstanbul.
- Haman, D.Z., 2017. Causes and Prevention of Emitter Plugging In Microirrigation Systems. UF/IFAS Extension, BUL258/AE032, 8/2017, 11p.
- James, L.G., 1988. Principles of Farm Irrigation System Design. John Wiley and Sons Inc., New York, pp. 543.
- Kadale, H.S., Shah, N.M., Mallik, M., 2007. Determination of Permissible Lateral Pressure Variation for Various Types of Emitters - A Case Study. Karnataka J. Agric. Sci., 20(2): 444-445.
- Keller, J., Karmeli, D., 1974. Trickle Irrigation Design Parameters. Transactions of the ASAE, 17(4): 678-684.
- Kırnak, H., Doğan, E., Demir, S., Yalçın, S., 2004. Determination of Hydraulic Performance of Trickle Irrigation Emitters Used in Irrigation Systems in the Harran Plain. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 28: 223-230.
- Kläring, H.P., 2001. Strategies to Control Water and Nutrient Supplies to Greenhouse Crops. A Review. Agronomie, 21, 311-321.
- Lakkireddy, K.K.R., Kasturi, K., Sambasiva Rao, K.R.S., 2012. Role Hydroponics and Aeroponics in Soilless Culture in Commercial Food Production. Journal of Agricultural Sciences and Technology, 1(1), 26-35.
- Leonardi, C., 2004. Growing Media, Regional Training Workshop on Soilless Culture Technologies, 3-5 March 2004, İzmir-Turkey, 83-92.
- Letard, M., 1982. Tomato and Cucumber in Soilless Culture. Acta Horticulturae, 126(32): 126-33.
- Madramootoo, C.A., Khatri, K.C., Rigby, M., 1988. Hydraulic Performances of Five Different Trickle Irrigation Emitters. Canadian Agricultural Engineering, 30: 1-4.
- Mofoke, A.L.E, Adewumi, J.K., Mudiare, O.J., Ramalan A.A., 2004. Design, Construction and Evaluation of an Affordable Continuous-Flow Drip Irrigation System. Journal of Applied Irrigation Science, 39(2): 253-269.
- Morgan, L., 2021. Hydroponics and Protected Cultivation: A practical Guide. <https://doi.org/10.1079/9781789244830.0006>.
- Noori, J.S., Al Thamiry, H.A., 2012. Hydraulic and Statistical Analyses of Design Emission Uniformity of Trickle Irrigation Systems. Journal of Irrigation and Drainage Engineering. 138(9): 791-798.
- Olympos, C.M., 1999. Overview of Soilless Culture; Advantages, Constraints, and

- Perspevtives, In: Choukr-Allah R. (ed), Protected cultivation in the Mediterranean region, CIHEAM/IAV Hassan II, 307-324.
- Özekici, B., Bozkurt, S., 1999. Boru içi (in-line) Damlatıcıların Hidrolik Performanslarının Belirlenmesi. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23(1): 19-24.
- Özekici, B., Sneed, R.E., 1995. Manufacturing Variation for Various Trickle Irrigation On-Line Emitters. Applied Engineering in Agriculture. 11(2): 235-240.
- Özer, S., Öztürk, O., Çebi, Ü., Aydın, B., 2020. Kırklareli İlinde Kullanılan Bazı Damla Sulama Sistemlerinin Teknik Performanslarının Değerlendirilmesi. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 7(1): 112-119.
- Rhoades, J.D., Kandiah, A., Mashali, A. M., 1992. The Use of Saline Waters for Crop Production. FAO Irr. and Drain. Paper No: 48, p.1-133, Rome.
- Rockström, J., Falkenmark, M., Karlberg, L., Hoff, H., Rost, S., Gerten, G., 2009. Future Water Availability for Global Food Production: The Potential of Green Water for Increasing Resilience to Global Change. Water Resources Research, 45(7): 1-16.
- Sambo, P., Nicoletto, C., Giro, A., Pii, Y., Valentinuzzi, F., Mimmo, T., Lugli, P., Orzes, G., Mazzetto, F., Astolfi, S., Terzano, R., Cesco, S., 2019. Hydroponic Solutions for Soilless Production Systems: Issues and Opportunities in a Smart Agriculture Perspective. Front. Plant Sci., 10: 923. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00923>
- Savvas, D., Gianquinto, G., Tuzel, Y., Gruda, N., 2013. Soilless Culture. FAO Plant Prod. Protect. Paper 217: 303-354.
- Sevgican, A., 1999. Örtüaltı Sebzeçiliği (Topraksız Tarım). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:526, Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir.
- Solomon, K.H., 1985. Global Uniformity of Trickle Irrigation Systems. Transactions of ASAE, 28(4): 1151-1158.
- Tekin, S. ve Yazar, A., 2024. Can Molecular Oscillation Technology Be Used as an Alternative to Acid Injection to Prevent the Clogging of Emitters in Drip Irrigation Systems?. Irrigation and Drainage, 1-14. <https://doi.org/10.1002/ird.3046>.
- Tekin, S., 2018. Effect of Locust Bean (*Ceratonia siliqua* L.) Extract Waste on Clogging of In-Line Emitters. Fresenius Environmental Bulletin, 27(5): 3035-3042.
- Tekin, S., Boyacı, S., Sezen, S. M., Gönen, E., Soylu, E., Soyugüzel, E., Üstün, Y., 2016. Kahramanmaraş Yöresinde Yaygın Olarak Kullanılan Damla Sulama Damlatıcılarının Hidrolik Özelliklerinin Değerlendirilmesi. Tarım ve Doğa Dergisi, 19(4): 445-453.
- Tekin, S., Gümüşsoy, H., Bozoğlu, G., 2021. Kuzey Kıbrıs Türk Cumhuriyeti'nde Kullanılan Damla Sulama Sistemlerinde Tıkanıklık Düzeyi ve Performans Değerlendirmesi. Mediterranean Agricultural Sciences, 34(2): 223-232.
- Tekin, S., Özge, Z., 2023. Farklı Tuzlu Sulama Suyu Kalitesinin Damlatıcı Su Dağılım Performansına Etkisi. Alatırım, 22(1): 55-64.
- Tüzel, İ.H., 1993. Damla Sulama Sistemlerinde Sulama Yeknesaklığının Değerlendirilmesi. Ege Üniv. Ziraat Fak. Derg., 30: 119-126.
- Tüzel, Y., Gül, A., 2007. Seracılıkta Yeni Gelişmeler. Ege Tarımsal Araş. Ens. Yayın No. 133, 145-160.
- Vox, G., Teitel, M., Pardossi, A., Minuto, A., Tinivella, F., Schettini, E., 2010. Sustainable Greenhouse Systems. Agriculture: Technology, Planning and Management, Nova Sci Publishers, New York, 1-79 pp.