

ANTALYA İLİ KUMLUCA İLÇESİNDE DAMLA SULAMA SİSTEMLERİNİN UYGULANDIĞI SERALARDA SİSTEM PLANLANMASINA İLİŞKİN SORUNLAR VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ*

Volkan GÖZEN Feridun HAKGÖREN

Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Antalya

Özet

Bu çalışmada Kumluca bölgesinde seçilen 10 örnek serada uygulanan damla sulama sistemlerinin, sistem kapasitesi, su dağıtım yeknesaklığı, su uygulama randımanı, toprak-bitki-su ilişkisi ile ilgili sorunlar saptanmaya çalışılmış ve bu sorunların çözümü araştırılmıştır. Debi yeknesaklık katsayısı (Eu), debi değişim katsayısı (q_{deg}), istatistiksel yeknesaklık katsayısı (Us) ve Christiansen yeknesaklık katsayısına (Cu) göre hatalı planlanmış sulama sistemleri yeniden planlanarak çiftçinin kullandığı sistemle karşılaştırılması yapılmış ve sistemin yeterli olup olmadığı, bununla ilgili sorunlar ve alınması gereken önlemler belirlenmiştir. Söz konusu seralardaki damla sulama sistemlerinin, daha randımanlı çalıştırılmaları için çiftçiye gerekli önerilerde bulunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Damla Sulama Sistemi, Yeknesaklık, Sistem Planlanması, Sistem Performansı

Problems and Solution Proposals Related to System Planning in Kumluca Region- Antalya Where Drip Irrigation System Are Used

Abstract

In this study, there has been found out the problems such as, the system capacity, water distribution uniformity, irrigation application efficiency, relationship of soil-plant-water in drip irrigation system which is applied in ten chosen model greenhouse in Kumluca region and the solutions for these problems are examined. Misplanned irrigation systems, replanned according to emission uniformity concept (Eu), emitter flow variation (q_{deg}), statistical uniformity concept (Us) and Christiansen uniformity coefficient (Cu) in greenhouse conditions, are compared with the system used by farmer. Whether the system is sufficient or not, the problems related to this system and the necessary precautions are pointed out. Suggestions are given to farmers in order to make the drip irrigation systems in greenhouses work more efficiently.

Keywords: drip irrigation, uniformity, system design, system performance

1. Giriş

Seralar için planlanan damla sulama sistemlerinde kullanım sırasında tüm sistemin performansını etkileyecek basınç düşmeleri ve debi değişimleri meydana gelir. Bu nedenle sistem planlanmasında; sürekli bir akış debisi, bitki su gereksinimi karşılayacak uygun bir sistem kapasitesi ve her bitki için türdeş bir su dağılımı gibi üç önemli ölçüt göz önünde bulundurulmalıdır (Lieth, 1996).

Suyun kök bölgesine denetimli olarak verilmesini amaçlayan damla sulama yöntemiyle de tam anlamıyla yeknesak bir su dağılımını sağlamak mümkün değildir. Bu durum, su iletim borularındaki yük kayıpları ve topografyaya bağlı olarak lateral borular boyunca basınçla debinin değişmesi nedeniyle ortaya çıkar. Damla sulama hattındaki akış, eşdüze olmayan bir akış türüdür. Boru hattı boyunca akan su

* Bu araştırma Akdeniz Üniversitesi Araştırma Fonunca Desteklenmiştir (Proje no: 98.02.0121.03)

miktarı giderek azalır. Böylece her bir bölümden geçen su miktarı aşağıdaki gibi yazılabilir (Hakgören ve Alıcı, 1982).

$$Q_p = \sum_{i=p}^n q_i$$

Eşitlikte; Q_p p'inci bölümdeki akış debisini (lt/h); q_i ise i'ninci damlatıcı akış debisini (lt/h) göstermektedir.

Yan ana hatlardan laterallere olan akış veya laterallerden damlatıcılara olan akış hat boyunca değişen basınçla denetlenmektedir. Sistemdeki hatlar boyunca basınç dağılımını, sürtünme sonucu oluşan basınç kaybı ve eğimde aşağı ve yukarı iniş ve çıkışlar nedeniyle kazanılan veya kaybedilen enerji etkilemektedir (Hakgören, 1988). Hat boyunca akış debisinde meydana gelen değişme nedeniyle enerji hattı doğrusal değil üssel bir eğriden oluşur (Wu ve Gitlin, 1973).

Damla sulama sistemindeki lateral boyunca damlatıcı debilerinin birbirlerine eşit olması henüz mümkün değildir. Bunun başlıca nedenleri; bazı damlatıcıların kısmen veya tamamen tıkanmaları, damlatıcılar arasında üretimden kaynaklanan farklılıkların bulunması ve lateraller arasında oluşan sürtünme kayıpları ile lateralın doğal eğimi olarak özetlenebilir (Solomon ve Keller, 1978).

James'e (1988) göre, damla sulama yöntemi, çok sayıda yararlı özelliklere sahiptir. Verim ve ürün niteliğinin yükselmesi, enerji ve su kullanımının azaltılması gibi yararlar, damla sulamanın önemli nitelikleri arasında sayılmaktadır. Bitki verim denemeleri, damla sulama ile diğer geleneksel yöntemler arasında çok küçük miktarlardan %50 verim artışına dek değişen farkların olduğunu göstermiştir. Damla sulamanın yararları özet olarak; kullanılabilir toprak suyunun yaralılığını artırması, bitkilerin daha iyi gelişmesi, verimin artması, bitkilerin tuzdan zarar

görmelerinin azalması, gübre ve diğer kimyasal uygulamalarının iyileşmesi, yabancı ot gelişiminin azalması, iş gücü gereksiniminin azalması, enerji gereksiniminin azalması ve kültürel işlemlerin iyileşmesi şeklinde sıralanabilir (Kanber, 1997).

Bu çalışmada Kumluca bölgesinde farklı ekonomik koşullara ve bilgi düzeyine sahip üreticiler arasında yapılan anket çalışmaları ile seçilen 10 örnek serada uygulanan damla sulama sistemlerinin, sistem kapasitesi, su dağıtım yeknesaklığı, su uygulama randımanı bitki gereksinimini karşılayacak yeterli bir sulamanın yapılıp yapılmadığı ve toprak-bitki-su ilişkisi özelliklerine ilişkin sorunlar saptanmaya çalışılmış ve bu sorunların çözümü araştırılmıştır. Hatalı planlanmış sulama sistemleri, işletme koşullarında yukarıda açıklanan ölçütlere göre yeniden planlanıp çiftçinin kullandığı sistemle karşılaştırılması yapılarak, mevcut sistemin yeterli olup olmadığı, sorunlar ve bunlarla ilgili alınması gerekli önlemler belirlenmiştir.

2.1. Materyal

2.1.1. Araştırma yeri

Araştırma, 1999 yılında Antalya ili Kumluca ilçesinde seçilen damla sulama yöntemlerinin uygulandığı 10 adet serada yürütülmüştür. Kumluca ilçesi Güney Anadolu' da, Akdeniz kıyı şeridi içerisinde 36°00'-37°00' enlemleri ile 30°00'-31°00' boylamları arasında bulunmaktadır. Kumluca, Antalya ilinin 110 km. batısındadır ve ulaşım her mevsimde mümkündür. Araştırmada, damla sulama sistemiyle sulama yapan farklı ekonomik koşul ve farklı, bilgi düzeyine sahip üreticilerin seraları seçilmiştir. Değerlendirme açısından yetiştirilen bitkinin aynı olması

düşüncesiyle de bölgede yaygın olarak üretimi yapılan domates seraları

denemeye alınmıştır. Denemeye alınan seralar Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırmada Denemeye Alınan Seraların Özellikleri.

Sera No:	Sera Sahibi	Mevkii	Sera Tipi	Sera Alanı (m ²)
1	Zekai İLTER	Karşıyaka	Yay çatılı 3'lü blok plastik sera	1174
2	Zekai İLTER	Karşıyaka	Yay çatılı 3'lü blok plastik sera	1174
3	Mehmet ALTINTAŞ	Karşıyaka	Yay çatılı 6'lı blok plastik sera	2970
4	Salih YAVUZ	Alakonak	Yay çatılı 5'li blok plastik sera	1050
5	Hüseyin GÜRKAN	Merkez	Yay çatılı 9'lu blok plastik sera	1485
6	Hamdi GİRGİN	Sarıkavak	Yay çatılı 4'lü blok plastik sera	968
7	Selahattin KARAKAYA	Sarıkavak	Yay çatılı 4'lü blok plastik sera	1276
8	Recep AK	Sarıcasu	Yay çatılı 4'lü blok plastik sera	858
9	İsmail AKBAŞ	Sarıcasu	Beşik çatılı tekil plastik sera	660
10	Kumluca M.Y.O. Serası	Sarıcasu	Yay çatılı 2'li blok plastik sera	480

2.1.2. Damlatıcı Debilerinin Ölçülmesi

Değerlendirmeye alınan damla sulama sistemlerinde seçilen yan ana boru üzerinde belirlenen damlatıcıların debilerini ölçmek için, damlatıcıların altına yerleştirilen 2 litrelik su toplama kaplarıyla birlikte 1 litrelik ölçüm mezürü ve kronometreden yararlanılmıştır.

2.1.3. Damlatıcı Basınçlarının Ölçülmesinde Kullanılan Aletler

Damlatıcı basınçlarının ölçülmesinde lateral üzerinde bulunan damlatıcıya doğrudan monte edilebilecek şekilde özel bir aygıt ve manometreden yararlanılmıştır. Basınç, pompanın çalışmaya başlamasından yaklaşık beş dakika sonra lateral girişindeki manometreden veya damlatıcı üzerine özel aygıt yardımıyla yerleştirilen manometreden okunmuştur.

2.2. Yöntem

2.2.1. Toprak Neminin İzlenmesi Yöntemi

Sulamalarla yeterli bir toprak derinliğinin ıslatılıp ıslatılmadığının kontrolü Güngör ve Yıldırım (1989) tarafından belirtilen esaslara göre saptanmıştır.

2.2.2. Toprağın Su Alma Hızının Ölçülmesi

Toprağın su alma hızı, damla sulama yönteminde damlatıcı debisi ve yerleşim aralıklarına, ayrıca tüm sulama yöntemlerinde sulama süresine etkili olan ölçüttür. Toprağın su alma hızının saptanması, Korukçu ve Yıldırım (1981)'in belirttiği esaslara göre çift silindir infiltrometre yöntemine göre yapılmıştır. Ölçümlere, su alma hızı değeri sabitleşinceye kadar devam edilmiştir.

2.2.3. Debi Yeknesaklığı Kavramına Göre Damla Sulama Sistemlerinin Değerlendirilmesi

Damla sulama sistemlerinin değerlendirilmesi için gereken verilerin toplanması amacıyla her seradaki damla sulama sisteminde aynı anda çalışan lateral sayıları belirlenmiştir. Debi yeknesaklık katsayısını belirlemek

amacıyla manifold hattı üzerinde birincisi, ilk lateral girişinde, ikincisi manifold uzunluğunun 1/3'üne denk gelen lateral, üçüncüsü manifold hattının 2/3'ündeki lateral ve dördüncüsü manifold hattının sonundaki lateral olmak üzere dört lateral seçilmiştir. Aynı esasa göre saptanan bu dört lateral üzerinde on altı damlatıcı seçilmiştir. Belirlenen lateral üzerindeki iki komşu (A ve B gibi) damlatıcı debileri ölçülmüştür. Ölçülen iki komşu damlatıcı debilerinin ortalaması alınarak on altı damlatıcıya ilişkin debi değerleri elde edilmiştir (Bralts, 1986). Bu değerlerin en düşük 1/4'ünün ortalaması alınarak minimum damlatıcı debisi, on altısının ortalaması alınarak ortalama damlatıcı debisi belirlenmiştir (Meriam ve Keller, 1978). Elde edilen bu değerlerden (2.4) eşitliği kullanılarak sistemdeki damlatıcı debi yeknesaklık katsayısı (EU_s) değerleri hesaplanmıştır (Bralts 1986).

$$EU_s = 100 \times \left(\frac{q_{\min}}{q_{ort}} + \frac{q_{ort}}{q_x} \right) \times \frac{1}{2} \quad (2.4)$$

Eşitlikte EU_s , yüzde olarak sistemdeki damlatıcı debi yeknesaklığı, q_{\min} , sistemdeki minimum damlatıcı debisi (lt/h), q_{ort} , ortalama damlatıcı debisidir (lt/h), q_x , en yüksek damlatıcı debilerinin 1/8'inin ortalamasıdır (lt/h).

2.2.4. Debi Değişim Kavramına Göre Damla Sulama Sistemlerinin Değerlendirilmesi

Yeknesaklık katsayısının hesaplamasında en doğru sonucu vermesi yönünden öncelikle, lateral üzerindeki tüm damlatıcı debileri lateral hattın altına yerleştirilen ölçüm kapları ile ölçülmüştür. Belirlenen damlatıcı debilerin ortalaması alınarak, bu ortalama damlatıcı debisinden sapmalarının değerlendirilmesi Eşitlik (2.5)'den yararlanılarak yapılmıştır.

Lateral hattı üzerindeki damlatıcı debi değişim yeknesaklığının belirlenmesinde ise Eşitlik (2.6) kullanılmıştır. Ayrıca lateral hattı üzerindeki debi değişiminin belirlenmesi için, en yüksek damlatıcı debisi ile en düşük damlatıcı debisinin karşılaştırılmasında Eşitlik (2.7)'den yararlanılmıştır.

$$Cu = 100 \times \left(1 - \frac{\Delta \bar{q}}{q_{ort}} \right) \quad (2.5)$$

Eşitlikte; Cu , yeknesaklık katsayısı, $\Delta \bar{q}$, ortalama damlatıcı debilerinden sapmaların mutlak değeri olarak ortalamasını belirtmektedir.

$$EU' = \left(\frac{q_{\min}}{q_{ort}} \right) \times 100 \quad (2.6)$$

Eşitlikte; EU' , yüzde olarak lateral hattı üzerindeki damlatıcı debi yeknesaklığını göstermektedir.

$$q_{deg} = 100 \times \left(1 - \frac{q_{\min}}{q_{\max}} \right) \quad (2.7)$$

Eşitlikte; q_{deg} , damlatıcı debi değişimidir (l/h), q_{\max} , maksimum damlatıcı debisi (l/h).

Damla sulama sistemlerinin sistem performansının değerlendirilmesinde manifold üzerinde meydana gelen minimum ve maksimum basınçlar dikkate alınmaktadır. Bu amaçla seçilen manifold birimi üzerinde oluşan minimum ve maksimum basınçları belirlemek için manifold hattı başındaki ve sonundaki basınçlar bir ölçme düzeneği yardımıyla ölçülmüştür.

Manifold üzerindeki laterallerde oluşan en yüksek ve en düşük basınçlara bağlı olarak basınç değişimi Wu ve ark. (1986) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlikle saptanmıştır.

$$H_{deg} = \frac{H_{\max} - H_{\min}}{H_{\max}} \quad (2.8)$$

Eşitlikte; H_{deg} , lateral boyunca basınç değişimi (%), H_{\max} , lateral boyunca maksimum basınç (atm), H_{\min} ,

lateral boyunca minimum basınçtır (atm).

Araştırma seralarında damla sulama sistemlerinin randımanlarını belirlemek amacıyla Eşitlik (2.9) ve (2.10)'den yararlanılmıştır (Bralts, 1986).

$$E_a = 100 \times \frac{q_{\min}}{q_{\text{ort}}} \quad (2.9)$$

$$q_{\text{ort}} = \frac{V}{N \times T} \quad (2.10)$$

Eşitliklerde, E_a , su uygulama randımanı (%), V , uygulanan toplam sulama debisi (lt/h), N , toplam damlatıcı sayısı (adet) ve T , toplam sulama süresidir (h).

2.2.5. İstatistiksel Yeknesaklık Kavramının Belirlenmesi

Daha önce 2.2.4 ve 2.2.5 de belirtilen esaslara göre seçilen damlatıcılardan elde edilen debi değerleri ile (2.11), (2.12) ve (2.13)'deki eşitlikler kullanılarak istatistiksel yeknesaklık katsayısı

$$U_s = 100 \times (1 - Vq) \\ = 100 \times \left(1 - \frac{Sq}{q_{\text{ort}}}\right) \quad (2.11)$$

$$Sq = \sum_{u=1}^n \frac{(q_u - q_{\text{ort}})^2}{n-1} \quad (2.12)$$

$$Sq = \sqrt{Sq^2} \quad (2.13)$$

eşitlikleri ile saptanabilmektedir. Eşitliklerde: U_s , istatistiksel yeknesaklık katsayısı, Sq , damlatıcı debilerinin standart sapması, Vq , damlatıcı debilerine ilişkin değişim katsayısı, q_u , seçilen damlatıcının debisi, n , rastgele seçilen damlatıcı sayısı, u , bireysel damlatıcıları tanımlayan indekstir (Bralts, 1986).

2.2.6. Lateral Hat Boru Çaplarının Belirlenmesi

Mevcut damla sulama sistemlerinin performansını diğer bir deyişle yeterli planlanıp planlanmadığını belirlemek amacıyla lateral hat uzunluğu, hattın eğimi, sistemin çalışma basıncı ve boru yük kayıplarının hat uzunluğuna oranı değerleri kullanılarak Wu ve ark. (1986) tarafından belirtilen boyutsuz planlama grafiklerinden yararlanılmıştır.

3. Bulgular

Araştırmanın yürütüldüğü Kumluca bölgesindeki domates yetiştiriciliği yapılan seralarda kurulu bulunan damla sulama sistemlerinden beş farklı mevkiinden seçilen on seranın toprağına ilişkin ortalama infiltrasyon hızı değerleri ve toprak örneklerinin analizleri sonuçları Çizelge 3'de verilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü seralarda bulunan damla sulama sistemlerine ilişkin teknik özellikler ise Çizelge 4'de belirtilmiştir.

3.1. Debi Yeknesaklık Kavramına Göre Damla Sulama Sistemlerinin Değerlendirilmesi

Araştırma konusu damla sulama sistemlerinde Bralts'a (1986) göre seçilen manifold ünitesinin debi ve basınç değişim değerleri, damla sulama sistemlerinin damlatıcı debi yeknesaklığı katsayısı (EU_s), Christiansen'e göre damla sulama sistemdeki yeknesaklık katsayısı (C_u) ve damla sulama sisteminin randıman (E_a) değerleri Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Debi Yeknesaklık Kavramına Göre Damla Sulama Sistemlerinin Değerlendirilmesi.

Sera No	H_{max} (atm)	H_{min} (atm)	H_{deg} (%)	q_x (lt/h)	q_{min} (lt/h)	q_{ort} (lt/h)	q_{deg} (%)	EU_s (%)	E_a (%)	Cu (%)
1	1.8	1.45	19.0	4.815	3.943	4.355	14	90.49	90.54	95.68
2	1.8	1.45	19.0	4.227	3.300	3.895	17	88.43	84.72	95.20
3	1.2	0.8	33.0	3.638	2.775	3.184	34	87.34	87.15	93.29
4	0.8	0.6	25.0	2.920	2.160	2.531	23	86.01	85.34	92.95
5	0.8	0.5	37.5	2.410	1.600	1.973	29	81.48	81.09	91.11
6	0.8	0.6	25.0	3.262	2.200	2.754	26	82.16	79.88	91.58
7	0.4	0.25	38.0	1.474	0.900	1.209	31	78.23	74.44	89.94
8	0.6	0.45	25.0	2.030	1.660	1.859	16	90.44	89.30	95.41
9	1.2	1.0	17.0	4.103	3.330	3.768	16	90.11	88.38	95.39
10	1.1	0.95	14.0	3.012	2.640	2.886	8	93.65	91.48	96.62

3.2. Debi Değişim Kavramı Esas Alınarak Damla Sulama Sistemlerinin Değerlendirilmesi

Damla sulama sistemlerinin değerlendirilmesi amacıyla seçilen manifold ünitesinde, ölçülen maksimum (H_{max}) ve minimum (H_{min}) basınç değerleri ve bu değerlerden yararlanılarak basınç değişimi (H_{deg}), değerleri, en yüksek damlatıcı debisi (q_{max}) ile en düşük damlatıcı debi değerleri (q_{min}) kullanarak hesaplanan damlatıcı debi değişimi (q_{deg}) değerleri, damlatıcı akış yeknesaklığı (EU'), damla sulama sistemindeki minimum damlatıcı debisi (q_{min}) ve ortalama damlatıcı debisi (q_{ort}) ve lateral hattaki damlatıcı debi değişim kavramı dikkate alınarak saptanan Christiansen yeknesaklık katsayısı (Cu) değerleri Çizelge 5'de gösterilmiştir.

Çizelge 3. Araştırmanın Yürütüldüğü Seralara İlişkin Toprak Örneklerinin Analiz Sonuçları.

Sera No:	Derinlik Cm	pH	ECx10 ⁻³ dS/m	Kum %	Kil %	Silt %	Bünye	Hacim Ağırlığı g/cm ³	T.K. %	S.N. %	Ort. İnfiltrasyon Hızları (mm/h)
1	0-30	7.42	0.932	82.64	11.36	6.00	SL	1.52	17.92	9.74	56.60
	30-60	7.59	0.613	70.64	23.36	6.00	SCSi	1.20	23.55	12.80	
2	0-30	7.54	0.318	68.64	25.36	6.00	SCL	1.50	15.03	8.17	59.35
	30-60	7.56	0.307	54.64	37.36	8.00	SC	1.21	24.29	13.20	
3	0-30	7.67	0.443	62.64	19.36	18.00	SL	1.55	30.42	16.53	57.70
	30-60	7.39	0.341	54.64	27.36	18.00	SCL	1.44	36.06	19.60	
4	0-30	7.21	0.659	42.72	42.72	36.00	CL	1.32	32.29	17.55	35.67
	30-60	7.33	0.352	43.00	33.84	23.16	CL	1.50	26.94	14.64	
5	0-30	7.57	0.488	69.00	14.56	16.44	SL	1.88	25.56	13.89	58.38
	30-60	7.53	0.284	67.44	16.56	16.00	SL	1.95	23.13	12.57	
6	0-30	7.66	0.750	58.16	15.84	26.00	SL	1.51	33.41	18.16	49.46
	30-60	7.71	0.659	43.44	33.84	22.72	CL	1.54	47.05	25.57	
7	0-30	7.64	0.750	56.72	21.84	26.16	SCL	1.64	33.34	18.12	46.21
	30-60	7.69	0.545	54.00	19.84	21.44	SL	1.66	41.46	22.53	
8	0-30	7.30	0.523	82.16	7.84	10.00	LS	1.50	24.82	13.49	59.51
	30-60	7.45	0.250	75.00	9.84	15.16	SL	1.59	26.94	14.64	
9	0-30	7.21	1.306	50.00	27.84	22.16	SCL	1.35	42.15	22.91	45.40
	30-60	7.65	0.648	50.00	28.56	21.44	SCL	1.44	42.58	23.14	
10	0-30	7.58	1.102	48.72	19.84	31.44	L	1.65	34.48	18.74	48.32
	30-60	7.61	0.625	63.72	15.84	20.44	SL	1.68	36.03	19.58	

Çizelge 4. Araştırmanın Yürütüldüğü Seralarda Bulunan Damla Sulama Sistemlerine İlişkin Teknik Özellikler.

Sera No	Pompa Teknik Özellikleri	Ana ve Manifold Boru		Lateral Boru Hattı						Filtre Tipi	Gübre Tankı	Manometre (Basınç ölçer)
		Tip	Çap (mm)	Tip	Çapı (mm)	Uzunluğu (m)	Aralığı (cm)	Damlatıcı Aralığı (cm)				
1	7.5 Hp Q 50 t/h Hm 45 m, Tip Santrifüj	Kaytanlı PVC	75 63	PE	16	75	90	40	Hidroklon 2.5" elek filtre	Var	-	
2	7.5 Hp Q 50 t/h Hm 45 m, Tip Santrifüj	Kaytanlı PVC	75 63	PE	16	75	90	40	Hidroklon 2.5" elek filtre	Var	-	
3	10 BG Q 25-45 (t/h) Hm 30-45 m, Tip Santrifüj	PE	75 63	PE	20	45	90	40	2.5" elek filtre	-	-	
4	1.5 Hp, Q 10 (t/h) Hm 30 m, Tip Santrifüj	Kaytanlı PVC	63	PE	20	30	85	20	Hidroklon 2" elek filtre	Var	Var	
5	10 BG, Q 25-45 (t/h) Hm 30-45 m, Tip Santrifüj	Kaytanlı PVC	75 63	PE	20	30	80	20	Hidroklon 2.5" elek filtre	Var	Var	
6	1.5 BG, Q 12 m ³ /h Hm 25 m, Tip Santrifüj	PE	63	PE	20	44	78	20	2" elek filtre	-	-	
7	1.5 BG, Q 50 lt/dak Hm 20 m, Tip Santrifüj	PE	63	PE	20	58	58	20	-	-	-	
8	1.5 BG, Q 10 lt/h Hm 30 m, Tip Santrifüj	PE	63	PE	20	58	90	20	2" elek filtre	-	-	
9	2 Hp, Q 50 t/h Hm 40 m, Tip Santrifüj	Kaytanlı PVC	75 63	PE	20	55	90	40	Hidroklon 2.5" elek filtre	Var	Var	
10	7.5 Hp, Q 50 t/h Hm 45 m, Tip Santrifüj	PE	63	PE	20	44	90	20	2" elek filtre	Var	-	

Çizelge 5. Debi Değişimi Kavramı Esas Alınarak Damla Sulama Sistemlerindeki Lateral Hattin Değerlendirilmesi.

Sera No	H _{max} (atm)	H _{min} (atm)	H _{deg} (%)	Q _{max} (lt/h)	Q _{min} (lt/h)	Q _{ort} (lt/h)	Q _{deg} (%)	EU' (%)	Cu (%)
1	1.8	1.6	11.1	4.200	3.450	3.800	17.9	90.8	96.12
2	1.8	1.6	11.1	4.800	3.900	4.200	18.8	92.9	96.87
3	1.2	1.15	4.2	3.916	2.420	3.197	38.2	75.7	88.80
4	0.8	0.75	6.3	3.000	2.400	2.64	20.0	91.0	95.20
5	0.8	0.75	6.3	3.648	1.800	2.31	50.2	77.9	85.40
6	0.8	0.70	12.5	3.624	2.400	2.925	33.8	82.1	90.30
7	0.4	0.36	10.0	1.860	0.680	1.128	63.4	60.3	82.50
8	0.6	0.55	8.3	2.900	1.100	1.662	62.1	66.2	84.50
9	1.2	1.10	8.3	4.050	3.300	3.470	18.5	95.1	95.80
10	1.1	1.05	4.5	3.216	3.000	3.12	6.7	96.2	96,82

3.3. İstatistiksel Yeknesaklık Kavramı Esas Alınarak Damla Sulama Sistemlerinin Değerlendirilmesi

İstatistiksel yeknesaklık kavramı Bralts ve ark., (1981a, 1981b) tarafından belirtilen kriterlerden, damlatıcı debilerinin standart sapması (Sq), damlatıcı debilerinin ortalaması (q_{ort}),

seçilen damlatıcının debisi (q_u), rastgele seçilen damlatıcı sayısı (n) ve bireysel damlatıcıları tanımlayan indeksten (u) yararlanılarak damla sulama sistemlerindeki debi yeknesaklığı ve debi değişim katsayıları ile istatistiksel yeknesaklık katsayısı (U_s) değerleri Çizelge 6'da verilmiştir.

Çizelge 6. İstatistiksel Yeknesaklık Değerleri.

Debi yeknesaklığı kavramına göre U_s (%)	Debi değişim kavramına göre U_s (%)
94.12	94.70
92.92	92.88
91.74	81.52
91.39	91.34
88.09	77.51
89.51	87.31
87.18	73.40
93.82	78.34
90.00	93.14
95.22	94.36

3.4. Damla Sulama Sistemlerinde Lateral Hat Boru Çaplarının Değerlendirilmesi

Araştırma konusu seralarda bulunan mevcut damla sulama sistemlerinin performansını diğer bir deyişle yeterli planlanıp planlanmadığını belirlemek amacıyla, lateral uzunluğu (L) ve eğimi (S), sistemin çalışma basıncı (H) ve boru yük kayıplarının hat

uzunluğuna oranı $\Delta H/L$ değerleri kullanılarak Wu ve ark. (1986) tarafından belirtilen boyutsuz planlama grafiklerinden yararlanılarak lateral hatlardaki boru çapları saptanmıştır. Belirlenen boru çapları ile araştırmanın yürütüldüğü seralarda kullanılan boru çapları karşılaştırılarak sistemde boru çaplarının uygun seçilip seçilmediği belirlenerek sonuçlar Çizelge 7'de verilmiştir.

Çizelge 7. Damla Sulama Sistemlerinde Lateral Hat Boru Çapının Değerlendirilmesi.

Sera No	Çalışma Basıncı (m)	Toplam Debi (Q) (lt/s)	Lateral Hat Uzunluğu (m)	Lateral Hat Boru Çapı (mm)	Boru Yük Kaybı (H) (m)	Lateral Hattı Eğimi (S) (%)	Boru Çapı Değerlendirilmesi
1	18	0.187	75	16	3.375	1.8	Uygun
2	18	0.198	75	16	3.750	1.5	Uygun
3	12	0.1004	45	20	0.126	1.8	Uygun
4	8	0.113	30	20	0.150	1.5	Uygun
5	8	0.0963	30	20	0.150	1.5	Uygun
6	8	0.1788	44	20	0.572	1.8	Uygun
7	4	0.091	58	20	0.133	1.5	Uygun
8	6	0.090	40	20	0.092	1.8	Uygun
9	12	0.133	55	20	0.308	2.4	Uygun
10	11	0.139	40	20	0.240	1.8	Uygun

4. Tartışma

İdeal bir sistem projelenmesinde sistemdeki kimyasal birikim nedeniyle damlatıcıların tıkanmasını önlemek, bunun yanında işletme giderlerini azaltmak amacıyla işletme basıncının 1 atm olması gerekir (Nir, 1982). Yapılan ölçümler sonucunda ise 3, 4, 5, 6 ve 7 no'lu seralarda işletme basıncının 1 atm'den düşük olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Bunlardan 7 no'lu seraya ait basınç değerleri sistemin çalışması için yeterli değildir. Sistem çıkışında yeterli bir basınç ölçülmesine rağmen, seranın pompa sistemine uzak ve kot farkının yüksek olması nedeniyle sistemde manifold ve lateral hatta yeterli basınç oluşmamaktadır. Diğer taraftan damlatıcılarda tıkanıklık olması gerek basınçlar arasındaki değişimi (H_{deg}), gerekse damlatıcı debileri arasındaki değişimi (q_{deg})'i büyük ölçüde etkilemektedir.

Damla sulama sistemlerinin debi yeknesaklığı katsayısına ilişkin sonuçlar değerlendirildiğinde; 1, 8, 9 ve 10 no'lu seralardaki sistemlerin damlatıcı debi yeknesaklığı değerlerinin çok iyi olduğu; 2, 3, 4, 5 ve 6 no'lu seralardaki sistemlerde iyi olduğu; 7 no'lu seradaki sistemde ise orta olduğu saptanmıştır.

Damla sulama sistemlerinin debi

değişim kavramı Bralts (1986) tarafından belirtilen kriterlere göre analiz edilmiştir. Analiz sonuçlarına göre debi değişim kavramı; 1, 2, 4, 9 ve 10 no'lu seralardaki sistemlerde kabul edilebilir; 3, 5, 6, 7 ve 8 no'lu seralardaki sistemlerde ise kabul edilemez olduğu sonucuna varılmıştır.

Lateral üzerindeki damlatıcı debi değişimleri Wu ve Gitlin (1974) tarafından belirtilen Christiansen eş dağılım katsayısı kavramına göre değerlendirilmiştir. Bu değerlendirmeler sonucunda, lateral hattın damlatıcı debi değişim değerlerinin; 1, 2, 4, 9 ve 10 no'lu seralardaki sistemlerde kabul edilebilir; 3, 5, 6, 7 ve 8 no'lu seralardaki sistemlerde ise kabul edilemez olduğu saptanmıştır.

Araştırmada ele alınan damla sulama sistemlerindeki su uygulama randımanları (E_a) Bralts (1986) tarafından belirtilen kriterlere göre 1 ve 10 no'lu seralardaki sistemlerde iyi; 2, 3, 4, 5, 8 ve 9 no'lu seradaki sistemlerde kabul edilebilir; 6 ve 7 no'lu seralardaki sistemlerin su uygulama randımanlarının düşük olduğu belirlenmiştir.

İstatistiksel yeknesaklık katsayısı (U_s), Bralts ve ark., (1981 a, 1981 b) tarafından önerilen değerler dikkate alındığında %90 ve yukarısı çok iyi, %80-90 iyi, %70-80 orta olarak

sınıflandırılmıştır. Araştırmacıların belirttiği kriterlere göre 1, 2, 3, 4, 8, 9 ve 10 no'lu seralardaki damla sulama sistemlerinin istatistiksel yeknesaklık katsayısı değerleri çok iyi; 5, 6, ve 7 no'lu seralardaki sistemlerin ise iyi olarak sınıflandırılmıştır.

Mevcut damla sulama sistemlerinin lateral boru çaplarının belirlenmesinde Wu ve ark., (1986) tarafından belirtilen boyutsuz planlama grafikleri esas alınarak sistemdeki lateral boru çapları kontrol edilmiştir. Anılan planlama grafikleri yardımıyla, kullanılan sistemlerde lateral hattaki boru çaplarının uygun olduğu saptanmıştır.

5. Sonuç ve Öneriler

Araştırmada kullanılan damla sulama sistemlerinin mevcut durumlarının değerlendirilmesinde belirlenen sorunlar ve bu sorunların çözümü için yapılacak öneriler aşağıda belirtilmiştir.

Sistemdeki damlatıcı debi yeknesaklık katsayısı (EU_s), Christiansen yeknesaklık katsayısı (Cu), istatistiksel yeknesaklık (U_s), debi

değişim katsayısı (q_{deg}) ve su uygulama randımanı (E_a) değerleri kullanılarak mevcut damla sulama sistemlerinin performans değerlendirilmesinin toplu sonuçları Çizelge 8'de verilmiştir.

Çizelgeden de görüldüğü gibi araştırmanın yürütüldüğü seraların beşinde (1, 2, 8, 9, 10), debi değişim katsayısı % 10-20 arasında olduğundan dolayı sistem uygun olarak planlanmıştır. Geri kalan beş serada (3, 4, 5, 6, 7) ise debi değişim katsayısı değerleri % 10-20'den büyük olduğundan Cu yeknesaklık katsayısı % 95'in altındadır. Bu nedenle bu seralarda sistemin yeterli planlanmadığı sonucuna ulaşılmıştır. Söz konusu seralarda ana boru ve manifold hatlarının boru çapları sırasıyla; 3 no'lu sera için ana boru çapı $\varnothing 110$ mm / 4 atm kaytanlı PVC boru ve manifold için $\varnothing 90$ mm / 6 atm kaytanlı PVC boru; 4 no'lu sera için ana boru çapı $\varnothing 75$ mm / 4 atm kaytanlı PVC boru ve manifold için $\varnothing 75$ mm / 6 atm kaytanlı PVC boru; 5 no'lu sera için ana boru çapı $\varnothing 75$ mm / 4 atm kaytanlı PVC boru ve manifold için $\varnothing 75$ mm / 6 atm kaytanlı PVC boru hatlarının döşenmesi önerilebilir.

Çizelge 8. Araştırmada Kullanılan Seralardaki Damla Sulama Sistemlerinin Değerlendirilmesi.

Sera No	EU_s (%)	q_{deg} (%)	Cu (%)	U_s (%)	E_a (%)
1	90.49	14	96.38	94.12	90.54
2	88.43	17	95.20	92.92	84.72
3	87.34	34	93.29	91.74	87.15
4	86.01	23	92.95	91.39	85.34
5	81.48	29	91.11	88.09	81.09
6	82.16	26	91.58	89.51	79.88
7	78.23	31	89.94	87.18	74.44
8	90.44	16	95.41	93.82	89.30
9	90.11	16	95.39	90.00	88.38
10	93.65	8	96.62	95.22	91.48

Hesaplamalara göre 6 no'lu serada ana boru, manifold ve lateral çapları

teknik olarak uygundur. Fakat ölçümler sonucu basınç değişimi (H_{deg}) ve debi

değişim (q_{deg}) değerleri uygun sınırlarda değildir ve yeterli basınç oluşmamaktadır. Bu sorunların nedenleri sistemde oluşan enerji kaybı veya damlatıcıların tıkanık olmasıdır. Aynı şekilde 7 no'lu serada ana ve manifold hatlarının boru çaplarının teknik olarak uygun olmasına rağmen yeterli debi değişimi ve yeterli basınç oluşmamaktadır. Bu serada enerji kaybının oluşması; ana boru mesafesinin uzun ve kot farkının yüksek olması nedeniyle pompanın yeterli basınç sağlayamamasıdır. Bu sebeple sistemin daha randımanlı çalışabilmesi için bu sera için $10 \text{ m}^3/\text{h}$ debili ve 30 m manometrik yükseklik özelliğine sahip bir pompa önerilebilir. Diğer seralarda pompa ünitesinden kaynaklanan bir sorunun bulunmadığı anlaşılmıştır.

Araştırmada kullanılan 3, 4, 5, 6 ve 7 no'lu seralarda gerek gözlemler sırasında, gerekse debi ve basınç farkları hesaplamaları sonucunda damlatıcıların tıkanıklık probleminin olduğu belirlenmiştir. Damla sulama sistemlerinde tıkanmanın önlenmesi açısından çok iyi bir filtreleme işleminin yapılması zorunludur. Bu nedenle sediment ve yüzücü cisim miktarına bağlı olarak damla sulama sistemleri kontrol biriminde hidrosiklon, kum-çakıl filtresi ve elek filtrenin bulunması gerekir. Sistemlerde kimyasal madde birikimleri nedeniyle damlatıcıların tıkanmasını önlemek ya da bu durumu en düşük düzeye indirmek için damlatıcı işletme basıncının en az 1 atm olması önerilir. Yine tıkanmayı önlemek için sulama suyuna HNO_3 ve HCl katılarak yıkama suretiyle damlatıcılar temizlenerek tıkanıklık sorunları giderilebilir. Bu nedenle anılan seralarda yeknesak bir basınç ve su dağılımı sağlamak için tıkanıklık sorununun

çözülmesi gerekmektedir.

Yeterli düzeyde yeknesak bir su dağılımı ve sabit işletme basıncının sağlanması açısından basınç düzenleyicisi bulunmayan araştırma seraları için kontrol birimi çıkışına ya da manifold hatları girişine basınç düzenleyicisi takılması gerekmektedir.

Yapılan infiltrasyon testleri sonucunda seralara ilişkin ortalama infiltrasyon hızı değerleri beş serada (1, 2, 3, 5, 8) çok yüksek, geri kalan beş serada (4, 6, 7, 9, 10) ise yüksektir. Her iki tip infiltrasyon hızına sahip seralarda perkolasyon ve besin elementleri kayıplarının oluşmasını önlemek için sulama programlarının dikkatli yapılması gereklidir. Özellikle damlatıcı debileri ve sulama süresi iyi ayarlanmalıdır. Bu amaçla da sulama programlarının tansiyometre kullanılarak yapılması önerilebilir. Araştırmanın yürütüldüğü seraların damla sulama sistemlerindeki damlatıcı başlık debilerinin 4 lt/h yerine 2 lt/h olarak seçilerek sistem yeniden projelendirilmiş ve teknik özellikleri Çizelge 9'da verilmiştir.

Seralarda bitkilerin çift sıralı dikim şekline uygun yapılması tavsiye edilmektedir. Böylelikle seralarda bakım işlemleri kolaylaşacak, sulama suyu daha dar aralıklarla uygulanacak, bitkiler kuzey-güney yönünde dikildiğinden her bitki güneşten yararlanabilecek, sera içinde hava sirkülasyonu daha iyi olacaktır. Bunun için en uygun sıra aralığı; çift sıra arası (dar ara) 50 cm, çift sıra arası (geniş ara) 90-100 cm ve sıra üzeri ekiminde 25, 30 ve 40 cm olması önerilebilir. Bu şekilde lateral sayısı artarken ekilen bitki sayısı da otomatik olarak artacaktır. Bitki sayısı artışı ise mevcut sera alanından daha fazla ürünün alınmasına neden olacaktır.

Çizelge 9. İnfiltrasyon Hızlarına Göre Yeniden Projelenen Seralara İlişkin Önerilen Teknik Özellikler.

Sera No	Pompa Teknik Özellikleri	Ana ve Manifold Boru			Lateral Boru Hattı					Filtre Tipi	Gübre Tankı	Manometre (Basırcı ölçer)
		Tip	Çap (mm)	Basınç (atm)	Tip	Çapı (mm)	Uzunluğu (m)	Aralık (cm)	Damlatıcı Aralığı (cm)			
1	7.5 Hp Q 50 t/h Hm 45 m, Tip Santrifüj	Kaytanlı PVC	75 63	6 4	PE	16	75	90	40	Hidrosiklon 2.5" elek filtre	Var	-
2	7.5 Hp Q 50 t/h Hm 45 m, Tip Santrifüj	Kaytanlı PVC	75 63	6 4	PE	16	75	90	40	Hidrosiklon 2.5"elek filtre	Var	-
3	10 BG Q 25-45 (t/h) Hm 30-45 m, Tip Santrifüj	PE	90 75	6 6	PE	20	45	90	40	Hidrosiklon 3" elek filtre	-	-
4	1.5 Hp, Q 10 (t/h) Hm 30 m, Tip Santrifüj	Kaytanlı PVC	75 63	6 6	PE	20	30	85	20	Hidrosiklon 2.5" elek filtre	Var	Var
5	10 BG, Q 25-45 (t/h) Hm 30-45 m, Tip Santrifüj	Kaytanlı PVC	90 75	6 4	PE	20	30	80	20	Hidrosiklon 3" elek filtre	Var	Var
6	1.5 BG, Q 12 m ³ /h Hm 25 m, Tip Santrifüj	PE	63 63	4 4	PE	20	44	78	20	Hidrosiklon 2" elek filtre	-	-
7	1.5 BG, Q 50 lt/dak Hm 20 m, Tip Santrifüj	PE	75 63	6 4	PE	20	58	58	20	Hidrosiklon 2.5" elek filtre	-	-
8	1.5 BG, Q 10 lt/h Hm 30 m, Tip Santrifüj	PE	75 63	6 4	PE	20	58	90	20	Hidrosiklon 2.5" elek filtre	-	-
9	2 Hp, Q 50 t/h Hm 40 m, Tip Santrifüj	Kaytanlı PVC	63 50	6 6	PE	20	55	90	40	Hidrosiklon 2" elek filtre	Var	Var
10	7.5 Hp, Q 50 t/h Hm 45 m, Tip Santrifüj	PE	50 40	6 4	PE	20	44	90	20	Hidrosiklon 1.5" elek filtre	Var	-

Araştırmanın sonucunda belirlenen sorunlarla ilgili geliştirilen çözüm önerileriyle bölgede sulama suyu ve gübreden önemli tasarruf elde edilirken, üründe de artış sağlanarak, hem bölge çiftçisinin gelirlerine hem de ulusal ekonomiye katkıda bulunacaktır. Bunun yanında sulama için yapılan giderlerden ve işçilikten tasarruf yapılacak ve seralar içinde uygun çevre koşullarının oluşması sağlanmış olacaktır.

Kaynaklar

- Bralts, V.F., Wu, I.P. and Gitlin, H.M. 1981a. Manufacturing Variation and Drip Irrigation Uniformity Transaction of the ASAE Vol.24, no.1, p.113-119, U.S.A.
- Bralts, V. F., Wu, I. P. and Gitlin, H.M. 1981 b. Drip Irrigation Uniformity Consider in Emitter Plugging. Trans. Amer. Soc. Agric. Eng. 24(5):1234 – 1240, U.S.A
- Bralts, V. F. 1986. Field Performance and Evaluation Operational Principles (ed. F.S. Nakayama and D.A. Bucks), Elsevier Science Publishers. p.216-240, U.S.A.
- Güngör, Y. ve Yıldırım, O. 1989. Tarla Sulama Sistemleri. A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları 1022, 370 ss., Ankara
- Hakgören, F. ve Alıcı, Ü. 1982. Damla Sulamanın Hidroliği ve Üniformluk Derecesi. DSİ Teknik Bülteni, sayı: 52, s.43-49, Ankara.
- James, L.G. 1988. Principles of Farm Irrigation System Design John Wiley Sons. p. 260-301 New York, U.S.A.
- Kanber, R. 1997. Sulama. Ç. Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:174, 530 ss., Adana.
- Keller, J. and Karmeli, D. 1974. Trickle Irrigation Design Parameter. Transaction of the ASAE Vol.17, no.4, p. 678-684.
- Keller, J. and Karmeli, D. 1975. Trickle Irrigation Design, Selection and Efficiency of Emitters, Chapter 4, p.45-60. 1st Edition. Edited and Published by Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation Glendora, California 91740, U.S.A.
- Korukçu, A. ve Yıldırım, O. 1981. Yağmurlama Sistemlerinin Projelenmesi, Topraksu Genel Müdürlüğü Yayınları, 220 ss., Ankara.
- Lieth, J.H. 1996. Irrigation Systems, Agrower's Guide to Water, Media and Nutrition For Greenhouse Crops, Ball Publishing Botavia, Felinois, U.S.A.
- Merriam, S.L. and Keller, J. 1978. Farm Irrigation System Evaluating. A Guide for Management. Agric. and Irrig. Eng. Dept., Utah State University. Logan, Utah. 143s.
- Nir, D. 1982. Drip Irrigation. CRC; Handbook of Irrigation Tecnology (1): 247-298. (ed. Herman J. Finkel, Boca Raton), Florida.
- Solomon, K.H. and Keller, J. 1978. Trickle Irrigation Uniformity and Efficiency. Jour. Irrig. and Drain. Div. Amer. Soc. Civil. Eng. 104(IR3):293-306.
- Wu, I.P. and Gitlin, H.M. 1973. Design of Pressure Length of a Drip Irrigation Line. ASAE, Paper No. PR 73-10, St. Joseph, Michigan.
- Wu, I.P., and Gitlin, H.M. 1974. Drip Irrigation Design Based on Uniformity. Transaction of the ASAE, 25(3):429-432.
- Wu, I.P., Gitlin, H.M., Solomon, K.H. and Saruwatari, C. A. 1986. Design Prinicipes "Trickle Irrigation for Crop Production". (ed. F.S. Nakayama and B.A. Bucks), Elsevier Science Publishers, B.V. The Netherlands, Chapter 2, s.53-92.