

Boru İçi (In-Line) Damlatıcıların Hidrolik Performanslarının Belirlenmesi

Bülent ÖZEKİCİ, Sefer BOZKURT

Ç.Ü. Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 01330-Adana-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 06.05.1996

Özet: Damla sulama sistemlerinde sulama randımanı, damlatıcılardan çıkan debinin eşdeşliğine bağlıdır. İdeal olarak, bir sistemde bulunan tüm damlatıcılar eşit miktarda su dağıtmalıdır. Yapım farklılıkları, özünde eşit debilere sahip olması gereken damlatıcılar arasında debi farklılıkları görülmesine yol açan en önemli etkenlerden bir tanesidir. Bu çalışmada içten geçmeli damlatıcılardaki yapım farklılıkları ile değişik basınçlardaki debileri incelenmiştir.

Üretici firmalardan elde edilen değişik türden 12 damlatıcının altı ayrı işletme basıncında debileri ölçülmüştür. Debiler, basınç düzenleyici damlatıcılarda 50, 100, 150, 200, 250, 300 kPa ve basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda ise 75, 100, 125, 150, 175 ve 200 kPa işletme basıncı değerlerinde ölçülmüştür. Yapım, damlatıcı ve debi katsayıları elde edilerek, damlatıcıların akım rejimleri belirlenmiştir.

Çalışma sonucu, 12 damlatıcıdan yalnızca 9 tanesinin öngörülen işletme basıncında ve üretici firmanın belirlediği debinin %10 alt ve üst sınırı içinde olduğu görülmüştür. Basınç düzenleyicisiz damlatıcıların tümünün debilerinin beklenenin çok üstünde olduğu gözlenmiştir. Basınç düzenleyici damlatıcıların düzenleyicisiz olanlara göre daha yüksek yapım katsayılarına sahip oldukları ve bazılarının basınç değişimlerine az da olsa duyarlı oldukları görülmüştür.

Determination of Hydraulic Performances of In-Line Emitters

Abstract: The efficiency of trickle irrigation systems depends directly on the uniformity with which water is discharged from the emission devices throughout the system. Ideally, all emitters in the system should discharge equal amounts of water. One major cause of flow rate difference between two identical emitters from the same manufacturer is the manufacturing variation. In this study, manufacturers' rated discharges and coefficient of manufacturing variation values were compared with tested values for various in-line emitters.

Discharge rates from 12 different types of trickle irrigation emitters were collected at six different operating pressure levels. Pressure compensating emitters were tested at 50, 100, 150, 200, 250, and 300 kPa. Non-pressure compensating emitters were tested at 75, 100, 125, 150, 175 and 200 kPa. Coefficient of manufacturing variation, emitter exponent and discharge exponent values were evaluated to determine the flow regime of each emitter.

At the suggested operating pressure only nine of the twelve emitters had flow rates within 10% to those claimed by the manufacturers. All the noncompensating emitters had flow rates much higher than expected. Measured values of coefficient of manufacturing variation were higher for compensating emitters, and unexpectedly they were slightly sensitive to pressure differences.

Giriş

Damla sulama yönteminde, bitkilerin su gereksinimleri sık aralıklarla ve her defasında az miktarda sulama suyu uygulanarak karşılanır. Süzölmüş ve bitki besin maddeleri eklenmiş sulama suyu düşük basınç altında damlatıcılar aracılığıyla bitkilere dağıtılır. Damla sulama yöntemi, çok sayıda yarar sağlaması nedeniyle önem kazanmakta; özellikle su kaynaklarının sınırlı ve birim su maliyetinin yüksek olduğu yerlerde hızla yayılmaktadır. Ülkemizde de son yıllarda, damla sulama yöntemi, özellikle, meyve

bahçeleri ve seralarda uygulama alanı bulmaktadır. Çukurova bölgesinde narenciye bahçelerinin sulanmasında damla sulamaya hızlı bir geçiş süreci yaşanmaktadır. Sulama giderlerinin artması ve sulamaya ayrılan kaynakların azalması gibi ekonomik ve çevresel nedenlerle üreticiler, yüksek değerdeki ürünleri için artık damla sulamayı çekici bir seçenek olarak görmeye başlamışlardır.

Damla sulama sistemlerinde sulama randımanı damlatıcılardan çıkan debinin türdeş dağılımına bağlıdır. Debide olabilecek bir sapma eş su dağılımını olumsuz

* Bu çalışma Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi tarafından desteklenen BAP TYS/95-05 no'lu projeden hazırlanmıştır.

yönde etkileyebilir. İdeal olarak, bir sistemde bulunan tüm damlatıcılar eşit miktarda su dağıtılmalıdır. Gerçekte ise aynı olması gereken damlatıcılar arasında yapım farklılığı, basınç farkı, damlatıcıların zamanla tıkanması, yıpranma ve ısı farklılıkları gibi nedenlerden dolayı debi farkları görülür.

Bu farklılık kaynaklarının eş su dağılımına olan etkileri üzerine bir çok araştırma yapılmıştır (1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 11; 12; 13; 14). Diğer taraftan ülkemizde damlatıcı yapım farklılıkları konusunda henüz yeterli bir çalışmanın yapılmamış olması, piyasaya yeni ürünlerin girmesi ve damla sistemlerinin de giderek artan oranlarda kullanılması nedeniyle bu tür çalışmalara büyük ölçüde gereksinim vardır. Değişik damlatıcı tiplerinin (basınç düzenleyici, basınç düzenleyicisiz ve laminar akışlı) yapım farklılık katsayısı ve dolayısıyla eş su dağılımına olan etkileri üzerine yapılan çalışmalar sınırlı kalmıştır. Bu çalışmada değişik tür damlatıcıların yapım farklılıklarının eş su dağılımına olan etkileri araştırılmıştır.

Yapım Farklılık Katsayısı

Damlatıcılar imal edilirken basıncın ve ısının sabit tutulmaması, kullanılan maddelerin düzenli karışmaması gibi nedenlerden dolayı, aynı iki model damlatıcı arasında yapım farklılıkları görülür. Damla sulama sistemlerinde küçük debilerin kullanıldığı göz önüne alınırsa, her ne kadar damlatıcıların kritik iç akış yolu boyutlarında olabilecek değişme küçük olsa da bunun debilerde büyük bir sapmaya yol açacağı açıktır.

Damlatıcıların sabit debilere sahip olabilmeleri için kullanım ömürleri boyunca fiziksel özelliklerini korumaları ve doğa koşullarına dayanıklı olmaları gerekir. Basınç düzenleyici damlatıcıların içinde basıncı düzenlemek ve içerisinde biriken maddeleri dışarıya atabilmek için elastomerik maddeler kullanılır. Bu parçaların sabit boyutlarda imalatı zor olmasının yanı sıra kullandıkça yıpranmaları yüzünden basınç değişmese bile debilerinde bir değişme görülür.

Yapım farklılıklarından dolayı aynı model damlatıcılar aynı basınç ve sıcaklıkta test edildiğinde debilerinde farklılıklar olabilir. Bu farklılıklar ortalama debi değerleri çevresinde normal dağılım gösterir ve yapım farklılık katsayısı (CV_m) ile ifade edilir. CV_m değerleri gelişigüzel çekilmiş 50 damlatıcı aynı basınç ve sıcaklık altında test edilerek ortalama debi değerleri elde edilerek hesaplanır:

$$CV_m = \frac{s_q}{\bar{q}} \quad (1)$$

Eşitlikte;

CV_m = yapım farklılık katsayısı,

s_q = standart sapma, L/h

\bar{q} = ortalama damlatıcı debisi, L/h tır.

Yapım farklılık katsayısı damla sulamada eş su dağılımı ve su uygulama randımanını etkileyen en önemli etkenlerden biri olarak kabul edilir. Her ne kadar bir çok standart önerilmişse de bu çalışmada ASAE Standardları (15) kullanılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1. ASAE tarafından öngörülen damlatıcı yapım farklılık katsayıları

Yapım farklılık katsayısı (%)	Tanımlama
<5	mükemmel
5-7	orta
7-11	sınırdı
11-15	çok kötü
>15	kabul edilemez

Materyal ve Yöntem

Değişik tür damlatıcıların eş su dağılımına olan etkilerini araştırmak için deneysel bir yöntem seçilmiştir. Deneyde altı değişik basınçta, damlatıcıların debilerini ölçmek ve bu verilerden yararlanarak yapım farklılık katsayısı (CV_m), damlatıcı katsayısı (x), ve debi katsayısını (k) saptamak amaçlanmıştır.

Laboratuvarda yapılan çalışmalarda, 3/4 inch'lik eğimsiz ana boru hattı kullanılmış, bu hattın başlangıcına bir adet 120 mesh elek filtre yerleştirilmiştir. Filtrenin giriş ve çıkışına basınç göstergeleri konulmuştur. Damlatıcıların tıkanmasını önlemek amacıyla sadece, temiz şehir suyu kullanılmıştır.

Denemede sürtünme kayıplarını en aza indirmek, istenilen basıncı elde etmek ve sabit tutmak amacıyla lateral boruların boyu çok kısa tutulmuştur. Her lateral en az 10 damlatıcıyı içerecek uzunlukta eğimsiz olarak döşenmiş ve aynı anda beş lateral denemeye alınmıştır. Lateraller masa üzerinden 50 cm yukarıya konularak altlarına ölçme silindirleri yerleştirilmiştir.

Denemeye basınç düzenleyici ve basınç düzenleyicisiz olmak üzere iki türden damlatıcı alınmıştır. Tüm damlatıcılar, lateral boru üzerine içten geçmelidir (in-line) ve akış yolunda türbülanslı akım söz konusudur. İki farklı firmadan alınan 5 değişik modelde 12 damlatıcının

debileri 2.2 l/h ve 4.2 l/h arasında değişmektedir. Tablo 2 ve 3'de üretici firmalarca sağlanan damlatıcı özellikleri

verilmiştir. Tablo'da A1 kodlu damlatıcılar basınç düzenleyici damlatıcılardır.

Tablo 2. Üretici firmaların damlatıcı verileri

Damlatıcı	Boru dış çapı (mm)	Boru iç çapı (mm)	Damlatıcı aralığı (cm)	İşletme* basıncı (kPa)	Q** (l/h)	x**	k**	CVm** (%)
BD-16-20-2	16	14.0	20	100	2.20	0.533	0.625	2.5
BD-16-20-4	16	14.0	20	100	4.20	0.497	1.280	1.2
BD-16-25-4	16	14.0	25	100	4.20	0.497	1.280	1.2
BD-16-33-4	16	14.0	33	100	4.20	0.497	1.280	1.2
BD-16-40-4	16	14.0	40	100	4.20	0.497	1.280	1.2
BD-20-33-4	20	17.6	33	100	3.80	0.492	1.212	1.0
AE-17-20-2.6	17	16.1	20	100	2.60	0.53	2.540	2.2
Dripline-16-20-3	17	15.2	20	100	3.00	0.47	1.020	3.0
Typhoon16-20-2.75	16.7	15.4	20	100	2.89	0.47	-	4.0
A1-16-75-4***	16	13.8	75	100-450	4.00	0.02	4.060	3.7
A1-16-100-4***	16	13.8	100	100-450	4.00	0.02	4.060	3.7
A1-20-100-4***	20	17.5	100	100-450	4.00	0.16	3.195	7.4

* Basınç düzenleyicisiz damlatıcılar için önerilen işletme basıncı, ancak kullanım basınç aralığı 50-300 kPa arasında değişmektedir (BD serisi için 50-300 kPa; AE, Dripline ve Typhoon için 50-200 kPa).

**Q = Damlatıcı debisi x = Damlatıcı katsayısı
k = Debi katsayısı CV_m = Yapım farklılık katsayısı

*** basınç düzenleyici damlatıcılar

Tablo 3. Üretici firmalarca verilen basınç-debi değerleri

Damlatıcı	Debi (L/h)					
	75 kPa	100 kPa	125 kPa	150 kPa	175 kPa	200 kPa
BD-16-20-2	1.85	2.20	2.55	2.80	3.00	3.20
BD-16-20-4	3.50	4.00	4.50	4.90	5.40	5.70
BD-16-25-4	3.50	4.00	4.50	4.90	5.40	5.70
BD-16-33-4	3.50	4.00	4.50	4.90	5.40	5.70
BD-16-40-4	3.50	4.00	4.50	4.90	5.40	5.70
BD-20-33-4	3.20	3.80	4.30	4.60	5.10	5.30
AE-17-20-2.6	2.20	2.60	2.90	3.10	3.40	3.60
Dripline-20-16-3	2.50	3.00	3.30	3.65	3.90	4.15
Typhoon-20-16-2.75	2.50	2.89	3.20	3.50	3.75	4.01

Damlatıcı	Debi(l/h)				
	100 kPa	150 kPa	200 kPa	250 kPa	300 kPa
A1-16-75-4	4.00	4.10	4.20	4.25	4.35
A1-16-100-4	4.00	4.10	4.20	4.25	4.35
A1-20-100-4	3.10	3.50	3.70	3.85	4.20

Lateral boruların başlangıç ve sonlarına yerleştirilen basınç göstergeleriyle basınç sürekli gözlem altında tutulmuş ve basınç kayıplarının ölçülemeyecek kadar az olduğu görülmüştür. Basıncın sabit olması için denemeler sisteme su verildikten bir saat sonra başlamıştır. Debi, bir saat boyunca ölçme silindirlerinde toplanan su miktarları olarak alınmıştır.

Denemeler yapılırken, sıcaklık farklılıkları göz önüne alınarak, su sıcaklığı kaydedilmiştir. Her ne kadar tüm damlatıcıların sıcaklık farklılıklarına duyarlı olmadığı biliniyor ise de veriler 18 °C ve 25 °C sıcaklık değerlerinde alınmıştır.

Basınç düzenleyici damlatıcıların debisi 50, 100, 150, 200, 250 ve 300 kPa, basınç düzenleyicisiz damlatıcıların debisi ise 75, 100, 125, 150, 175 ve 200 kPa basınç değerlerinde ölçülmüştür. Tablo 2'de verilen işletme basıncı, basınç düzenleyicisiz damlatıcılar için firmalarca önerilen işletme basıncıdır, ancak, kullanım basınç aralığı 50-300 kPa arasında değişmektedir. Basınç düzenleyicisiz damlatıcılarda basınç arttıkça debinin artacağı, ancak

basınç düzenleyici damlatıcılar için basıncın artmasının debiye etkilemeyeceği unutulmamalıdır. Basınç düzenleyici damlatıcıların (A1 kodlu damlatıcılar) değerlendirilmesinde 50 kPa basınç değeri kullanılmamıştır. Bunun nedeni üretici firmanın işletme basınç aralığını 100-450 kPa olarak vermesidir (Tablo 2). Anılan basınç değerleri tipik bir damla sulama sisteminde kullanılan değerler olmaları ve üretici firmalar tarafından önerilmeleri nedeniyle seçilmiştir.

Yukarıda anlatılan yöntemde olabilecek hatalar ve tutarsızlıklar debi ölçümlerini olumsuz yönde etkileyeceği düşüncesiyle damlatıcılardan biri (A1-16-75-4) tekrar denemeye alınmıştır. Bu damlatıcının öngörülen 100 kPa'lık işletme basıncında 5 tekrarlı olarak debisi ölçülmüştür. Deneme sonucu, bir farklılık olmadığı anlaşılmıştır. Ayrıca, aynı modelden damlatıcılardan bazılarının, aynı basınç altındaki debilerinin ortalamadan çok saptığı gözlenmiştir. Bu damlatıcıların debileri yeniden ölçüldüğünde, önceki değerlere benzer veriler elde edilmiştir. Bunun sonucu, debi ölçümlerinde yöntem hataları olmadığı ve bu damlatıcılara ilişkin debilerdeki farklılığın yüksek yapım farklılık katsayılarından kaynaklandığı ortaya çıkmıştır.

Bulgular ve Tartışma

Damlatıcı Katsayısı ve Akış Rejimi

Damlatıcı debileri aşağıda gösterilen eşitlikle belirlenir:

$$q = kh^x \quad (2)$$

Eşitlikte;

q = damlatıcı debisi, L/h,

k = debi katsayısı,

h = işletme basıncı, m ve

x = akış rejimini tanımlayan damlatıcı katsayısıdır.

Denemeler sonucu elde edilen x ve k değerleri ile bağdaşım katsayıları (r) elde edilmiş ve bu değerler Tablo 4'de verilmiştir. Damlatıcıların akış rejimleri, damlatıcı katsayılarına (x) göre sınıflandırılmıştır. Damlatıcı, x = 0 veya 0'a yakın değerler için basınç düzenleyici, x = 0.5 için türbülant akım rejimine sahip kabul edilmektedir (16).

Basınç düzenleyicisiz damlatıcıların beklenildiği gibi r = +1'e çok yakın bağdaşım katsayılarına sahip oldukları görülmüştür. Basınç düzenleyici damlatıcıların r değerlerine bakıldığında A1-16-100-4 kodlu damlatıcının

Tablo 4. Damlatıcı, debi, bağdaşım ve yapım farklılık katsayıları

Damlatıcı	x	k*	r	CV _m (%)
BD-16-20-2	0.5386	0.6573	0.9982	1.41
BD-16-20-4	0.4986	1.3058	0.9948	1.43
BD-16-25-4	0.5354	1.2031	0.9996	2.67
BD-16-33-4	0.5112	1.2273	0.9992	2.78
BD-16-40-4	0.5391	1.1961	0.9996	1.85
BD-20-33-4	0.5210	1.1242	0.9978	1.00
AE-17-20-2.6	0.5356	0.7120	0.9987	1.58
Dripline-20-16-3	0.5046	0.8954	0.9999	1.17
Typhoon-20-16-2.75	0.4871	0.8653	0.9999	0.86
A1-16-75-4	0.0906	5.2243	0.8847	3.37
A1-16-100-4	-0.0595	7.0626	-0.9802	6.15
A1-20-100-4	0.1192	3.0767	0.8225	2.97

*k değerinin bulunmasında basınç birimi olarak m kullanılmıştır
(1 m = 9.8 kPa)

bağdaşım katsayısının negatif olması (-0.9802) basınç arttıkça debisinin az da olsa azaldığını göstermiştir.

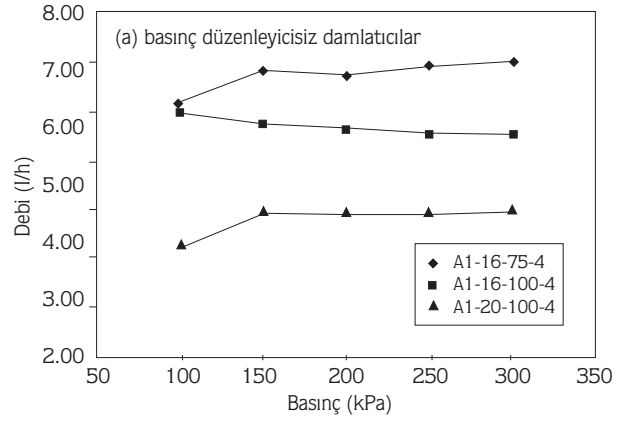
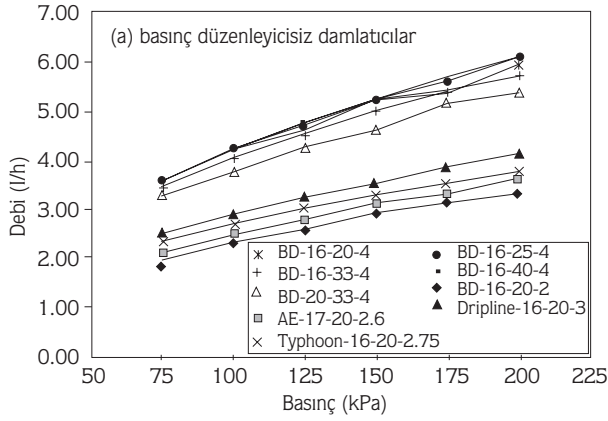
Tablo 4'de damlatıcı katsayısının (x), debi (q) üzerine olan etkisi açık bir şekilde görülmektedir. Basınç düzenleyicisiz damlatıcıların x değerlerinin 0.487 ve 0.539 arasında olduğu saptanmıştır. Böylece anılan damlatıcıların türbülant akım rejimine sahip olduğu belirlenmiştir. Basınç düzenleyici damlatıcıların tümünün damlatıcı katsayılarının sıfır dolayında olduğu, birinin (A1-16-100-4) ise çok küçük negatif değer aldığı belirlenmiştir. Bu durum, basınç arttıkça debide çok küçük bir azalmanın olacağını göstermektedir.

Debilerin Basınca Olan Duyarlılıkları

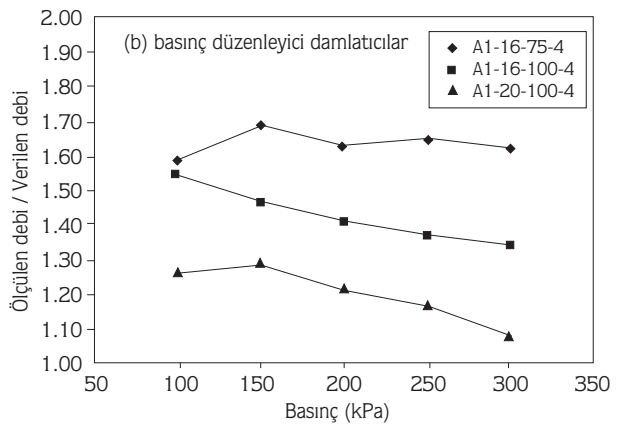
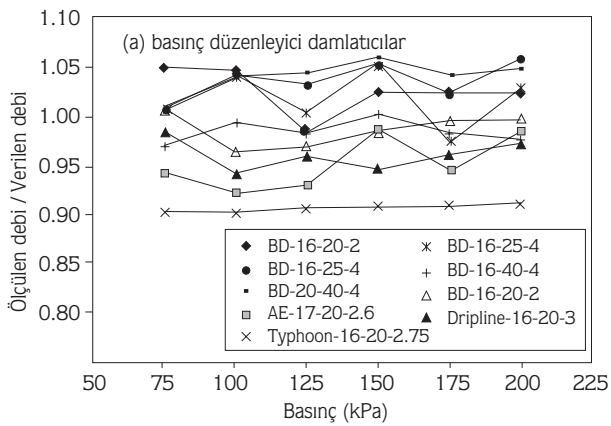
Şekil 1'de değişik basınçlarda elde edilen damlatıcı debileri gösterilmiştir. Şekil 2'de ise ölçülen debilerin firmalarca verilen debiye olan oranları gösterilmiştir. Öngörülen işletme basıncında 12 tane damlatıcının sadece 9'unun beklenen debilere sahip olduğu görülmüştür.

Basınç düzenleyicisiz damlatıcıların debilerinin, beklenen debilerin çok yakınında olduğu görülmüştür. Gerçekleşen debilerin, olması gerekenden %10 sapma değeri altında oldukları gözlemlenmiştir.

Tüm basınç düzenleyici damlatıcıların debilerinin öngörülen debiden %10 sapma değeri üstünde oldukları ve debilerinin yüksek basınçlarda daha sabitleştiği belirlenmiştir. Damlatıcılardan A1-20-100-4 kodlu



Şekil 1. Değişik işletme basınçlarında elde edilen damlatıcı debileri.



Şekil 2. Değişik basınçlarda ölçülen damlatıcı debilerinin firmalarca verilen debiye olan oranları.

damlatıcının debisi 100 kPa basınçta 3.91 l/h iken 300 kPa basınçta ise 4.52 l/h debiye yükselmiştir. Bu bulgu, üretici firmalar tarafından iddia edilen basınç düzenleyici damlatıcıların basınç artışına duyarlı olmayacağı savına ters düşmektedir.

A1-16-75-4 ve A1-16-100-4 kodlu damlatıcıların 100 kPa basınçta 4.1 l/h olması gereken debileri 6.32 ve 6.18 l/h gibi son derece yüksek değerlerde gerçekleşmiştir. A1-16-75-4'nin debisi 300 kPa basınçta 7.06 l/h'a yükselmiştir. Aynı basınçta ise A1-16-100-4'in debisi 5.80 l/h'e düşmüştür. Bu durumda bir damla sulama sistemi tasarlandığında üretici firmaların sağladığı verilerin kullanılması durumunda bitkilere gereğinden çok su verileceği ortaya çıkmaktadır.

Yapım Farklılık Katsayısı

Damlatıcıların değişik basınçlarda elde edilen yapım farklılık katsayıları Tablo 5'de verilmiştir.

Tablo 5. Damlatıcıların değişik basınçlarda yapım farklılık katsayıları

Damlatıcı	Yapım Farklılık Katsayısı (%)					
	75 kPa	100 kPa	125 kPa	150 kPa	175 kPa	200 kPa
BD-16-20-2	1.72	1.41	2.03	1.41	1.43	2.13
BD-16-20-4	1.89	1.43	1.26	1.41	2.04	2.09
BD-16-25-4	2.94	2.67	2.43	2.78	2.34	2.87
BD-16-33-4	2.77	2.78	2.86	2.60	2.68	2.76
BD-16-40-4	2.01	1.85	1.87	1.81	1.78	1.73
BD-20-33-4	1.63	1.00	1.05	1.18	0.93	1.07
AE-17-20-2.6	1.51	1.58	1.59	1.87	1.81	1.82
Dripline-20-16-3	1.25	1.17	1.25	1.33	1.34	1.50
Typhoon-20-16-2.75	0.71	0.86	0.88	0.78	0.77	0.91
Damlatıcı	Yapım Farklılık Katsayısı (%)					
	100 kPa	150 kPa	200 kPa	250 kPa	300 kPa	
A1-16-75-4	3.37	3.31	3.02	3.02	2.74	
A1-16-100-4	6.15	7.21	6.86	5.82	5.62	
A1-20-100-4	2.97	4.10	4.03	3.64	3.50	

Basınç düzenleyici damlatıcıların yapım farklılık katsayılarının (CV_m) basınç düzenleyicisiz damlatıcılara göre daha yüksek olması beklenir. Bu damlatıcıların içinde oynak parçalar olduğundan üretimleri daha zordur. Teorik olarak basıncın yapım farklılık katsayısı üzerinde bir etkisi olmamalıdır; basınç ne olursa olsun yapım katsayısının sabit kalması gerekir (1). Elde edilen sonuçlardan basınç değişimi karşısında basınç düzenleyici damlatıcıların yapım farklılık katsayılarının değiştiği görülmüştür. Benzer bir bulgu Madramootoo ve ark. (16) tarafından da bildirilmiştir. Bu çalışma da benzer bulgularla sonuçlanmıştır. Basınç düzenleyicisiz damlatıcıların yapım farklılık katsayılarının basınç düzenleyici damlatıcılara göre daha düşük olduğu saptanmıştır. Basınç düzenleyici damlatıcıların ortalama yapım farklılık katsayıları 100 kPa işletme basıncında 4.17 % ve tüm basınçlarda 4.36 % olurken basınç gidermeyen damlatıcılarda bu değerler sırasıyla 1.64 % ve 1.73 % olarak gerçekleşmiştir. Bu durumun, anılan damlatıcıların içlerinde oynak parçalar olmadığından yapımlarının daha kolay olmasından ileri geldiği söylenebilir.

Basınç düzenleyici damlatıcılar arasında A1-16-100-4 kodlu damlatıcının Tablo 1'e göre orta ve sınırda yapım farklılık katsayısına sahip olduğu 5.62% - 7.21% görülmüştür. Ancak bu gruptaki diğer damlatıcıların CV_m değerleri mükemmel sınıfına girmektedir.

Kaynaklar

1. Bralts, V.F. and I-P. Wu. Emitter flow variation and uniformity for drip irrigation. ASAE paper no. 79-2099, ASAE, St. Joseph, Michigan 49085, 1979.
2. Bralts, V.F., I-P. Wu., and H.M. Gitlin. Manufacturing variation and drip irrigation uniformity. TRANSACTIONS of the ASAE 24(3):113-119, 1981.
3. Bucks, D.A. and L.E. Myers. Trickle irrigation-application uniformity from simple emitters. TRANSACTIONS of the ASAE 16(6):1108-1111, 1973.
4. Nakayama, F.S. and D.A. Bucks. Trickle irrigation for crop production. Elsevier Science Publishers, Amsterdam, Netherlands, 1986.
5. Nakayama, F.S., D.A. Bucks, and A.J. Clemmens. Assessing trickle emitter application uniformity. TRANSACTIONS of the ASAE 22(3):816-821, 1979.
6. Parchomchouk, P. Temperature effects on emitter discharge rates. TRANSACTIONS of the ASAE 19(4):690-692, 1976.
7. Solomon, K. and J. Keller. Trickle irrigation uniformity and efficiency. Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE 104(IR3):293-306, 1978.
8. Solomon, K. Manufacturing variation of trickle emitters. TRANSACTIONS of the ASAE 22(5):1034-1037, 1043, 1979.
9. Wu, I-P. and H.M. Gitlin. Hydraulics and uniformity for drip irrigation. Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE 99(IR2):157-167, 1973.
10. Wu, I-P. and H.M. Gitlin. Drip irrigation design based on uniformity. TRANSACTIONS of the ASAE 17(3):429-432, 1974.
11. Wu, I-P. and H.M. Gitlin. Drip irrigation lateral line network design. TRANSACTIONS of the ASAE 25(3):675-685, 1982.
12. Wu, I-P. and H.M. Gitlin. Drip irrigation application efficiency and schedules. TRANSACTIONS of the ASAE 26(1):92-99, 1983.
13. Zur B. and S. Tal. Emitter discharge sensitivity to pressure and temperature. Journal of the Irrigation and Drainage Division, ASCE 107 (IR1): 1-9, 1981.
14. Özekici, B. and R. E. Sneed. Manufacturing variation for various trickle irrigation on-line emitters. Applied Engineering in Agriculture 11(2):235-240, 1995.
15. ASAE. Design and installation of microirrigation systems. Engineering practice EP405.1, ASAE, St. Joseph, MI 49085, 1994.
16. Madramootoo, C.A., K.C. Khatri, and M. Rigby. Hydraulic performances of five different trickle irrigation emitters. Canadian Agricultural Engineering 30:1-4, 1988.

Sonuç

Damla sulama sistemlerinde su uygulama randımanını arttırmak için gerekli önlemlerden biri, damlatıcı seçerken bunların çok küçük yapım farklılık katsayılarına sahip olmalarıdır. Düşük yapım farklılıkları eş su dağılımını olumlu yönde etkilemektedir.

Yapılan denemeler sonucunda üretilen damlatıcılardan bir çoğunun düşük yapım katsayılarına sahip oldukları; yüksek yapım farklılık katsayılarına basınç düzenleyici damlatıcılarda daha çok karşılaşıldığı görülmüştür. Ancak bu damlatıcılarda bile elde edilen katsayıların kabul edilebilecek düzeyde olduğu ortaya çıkmıştır.

Damla sulama sisteminin en önemli özelliği, bitkilere sadece gereksinimi kadar su verilmesidir. Suyun eşdağılımlı uygulanması bu amacın yerine getirilmesinde önemli rol oynar. Damla sulama sistemi kurulduktan sonra eğimden kaynaklanan yükseklik farkları, borulardaki sürtünme kayıpları, damlatıcıların tıkanması ve yıpranması suyun eş dağılımını olumsuz yönde etkileyecektir. Bu nedenlerden dolayı damlatıcı seçerken yapım katsayısı küçük olanları yeğlemek ve bu amaçla sadece üretici firmaların sağladığı verilerle sistem tasarlanmasının sakıncalarını göz önüne almak gerekir.