

Damla Sulamada Farklı Debi ve Su Miktarının Pomza ve Perlitte Nem Dağılımına Etkisi

Üstün ŞAHİN, Ömer ANAPALI, Abdurrahman HANAY
Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum-TÜRKİYE

Geliş Tarihi: 23.03.1998

Özet: Bu çalışmada, pomza ve perlitte, farklı tane büyüklüğünde, farklı damlatıcı debileri ve toplam sulama suyu miktarlarının, nem dağılımına etkileri araştırılmıştır. Denemede toplam 5 L ve 10 L' lik su hacimleri 2 L/h, 4 L/h, 6 L/h ve 8 L/h' lik debiler halinde uygulanmıştır. Deneme 80 cm çapındaki drenaj tipli silindirlere 80 cm derinliğinde örnekler oluşturularak yürütülmüştür. Her uygulamadan sonraki yatay ve düşey yöndeki nem dağılımları belirlenmiştir.

Yatay ve düşey nem ilerlemesine; debi, su uygulama miktarı ve tane büyüklüğü çok önemli derecede etkili olmuştur. Materyal olarak perlitte pomzadan daha az yatay ve düşey ilerleme olurken, her iki materyalde de 10 L su uygulama miktarında yatay ve düşey ilerlemenin daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca ıslatılan kesit şeklinin debi ve tane büyüklüğüyle de değiştiği gözlenmiştir.

Effect of Different Water Amounts and Discharge Rates on Moisture Distribution in Perlite and Pumice by Trickle Irrigation

Abstract: This study was undertaken to determine the effect of different particle size and discharge rates and total irrigation water on moisture distribution in perlite and pumice. Four different discharge rates (2 L/h, 4 L/h, 6 L/h, 8 L/h) with 5 and 10 L total irrigation water were applied. Drainage type cylinders with 80x80 cm in size were used in this experiment. After each water application, vertical and horizontal moisture distributions were investigated.

Results showed that discharge rate, applied irrigation water and particle size used had significant effect on wetting front. Vertical and horizontal water movement were greater in pumice than in perlite. In both materials, it was greater in 10 L water application than in 5 L. In addition, it was obtained that the shape of wetting area changed by discharge rate and particle size of the material.

Giriş

Damla sulamada sistemin mükemmel projelenmesi kriterlerinden biri damlatıcı seçimidir. Kullanılacak damlatıcının hidrolik özelliklerinden olan akış miktarı önemlidir. Çünkü bu akış miktarıyla ıslatılması düşünülen hacim asıl kök bölgesinin bulunduğu hacimdir. ıslatılan toprak hacmindeki besin elementi kısıtlı olabileceğinden bu yöntemde, gübrelerin sisteme enjeksiyonla sulama suyu ile birlikte uygulanması kaçınılmazdır (1). Zaten sulama suyu ile gübre verilmesi işlemi olan fertigasyon, meyve ağaçlarında ve tarla yetiştiriciliğinde bitki besin elementlerinin randımanlı ve ekonomik bir şekilde kullanımını sağlayan yaygınlaşmış bir yoldur (2). Gübrenin yanısıra yabancı ot öldürücü ilaçların enjeksiyonuna da gerek duyulabilmektedir. Kimyasal ilaçların kullanımı sonucu bazı durumlarda yeraltı ve yüzey sularının kirlenmesi söz konusu olup, sulama suyu ile verilen pestisitlerin maksimum randımanla kullanımını sağlamak için, aşırı düşey hareketin sınırlanarak, kök

bölgesinde maksimum pestisit dağılımı sağlayacak bir sulamanın yapılması da önemlidir (3). Özet olarak gübre ve çeşitli tarımsal ilaçların bitki kök bölgesi içerisinde bir süre tutulabilmesi istenir. Bu ise toprak suyu ve tuzların karşılıklı etkileşimlerinin ve buna etki eden faktörlerin bilinmesiyle mümkün olabilmektedir (4).

Damla sulamada damlatıcılar lateral boru üzerine ıslatma çapının % 80' i kadar aralıklarla yerleştirilirler (5). Damla sulamada su, nokta kaynağından kapillar kuvvetlerin etkisiyle radyal olarak yanlara ve yerçekimi etkisiyle de aşağı doğru hareket eder (1). Yatay hareket bir nokta kaynağı olan her bir damlatıcı tarafından ıslatılan toprak hacmini belirler (6). Tekstür ve özellikle de gözenek geometrisi kapillar ve yerçekimi kuvvetlerinin nisbi önemini ortaya koyar (7). Keza bir damlatıcı tarafından ıslatılan toprak hacmi tekstür, debi ve uygulanan toplam su hacminin bir fonksiyonudur (8,9). Armstrong ve Wilson (10), istenilen yüzde de bir ıslatılmış kök bölgesi oluşturmada önemli hususların damlatıcıların

yeri ve aralığı, uygulama debisi ve miktarları ile uygulama sıklığı olduğunu belirtmişler ve planlamada ilk adımın değişik toprak profillerinde değişen debi ve miktarlarda uygulamalar için nem dağılımını ölçmek olduğunu ifade etmişlerdir.

Islatılan hacime ilave olarak ıslatılan yüzey alanı da tekstür, infiltrasyon karakteri ve uygulama debisine bağlıdır. Genel olarak daha yüksek uygulama debilerinde ve daha düşük infiltrasyonda ıslatılan alan daha fazla olacaktır (11). Damlatıcı boşalım hızı, birikim alanının infiltrasyon hızına denk oluncaya kadar, su yanlara doğru toprak yüzeyi boyunca hareket eder, birikir ve doygun olmayan akışla toprak içerisine girer (7).

Damla sulamada suyun nokta kaynağından itibaren girişi sonucu ıslatılan toprak hacminin yarımküre şeklinde olduğu, zamanla yanlara hareket eğiliminin azalması nedeniyle anılan toprak hacminin giderek aşağı yönde uzadığı, eğer fazla su uygulanmış ise soğan şeklinde ıslak bölgenin yavaş yavaş havuç şekline dönüştüğü ve sonuçta fazla suyun taban suyuna doğru bir baca biçiminde yöneldiği ifade edilmiştir (1).

Roth tarafından, güneybatı Arizona' da kumda yapılan bir çalışmada, 45.6 L su hacmi 3.8 L/h, 7.6 L/h ve 15.2 L/h' lik debilerle verilmiş ıslatılan hacmin şekli gözlenmiştir. Islatılan hacim miktarı her bir durum için takriben aynı çıkmış, ancak şekil itibariyle bir yarım küre olduğundan çok düşey doğrultuda uzama eğilimi göstermiştir. Bu şekil yüksek uygulama hızında ise yerçekimi etkisinin daha fazla olmasından dolayı daha dar olmuştur (11). Başka bir çalışmada, üniform kumlu bir toprakta, nokta kaynaklı bir damlatıcıdan olan düşey ve yatay hareket üç farklı debide (4 L/h, 8 L/h, 16 L/h) gözlenmiş, sonuçta yatay hareketin düşey su girişiyle düzenli olarak artarak bir maksimum değere yaklaştığı ifade edilmiştir (12). Armstrong ve Wilson (10), kumda yaptıkları ölçümlerde ıslak zonun şekli ve büyüklüğünün debiden çok uygulanan suyun hacminin bir fonksiyonu olduğunu belirterek, 32 L' den daha fazla su uygulandığında ise ilave suyun yatay hareketten ziyade düşey hareketi artırdığını gözlemişlerdir. Gençdoğan ve Yazar (13), ağır bünyeli topraklarda farklı damlatıcı debileri ve uygulanan toplam sulama suyu miktarlarının nem dağılımına etkisinin önemli olduğunu ve damlatıcı debisi artışına bağlı olarak yanıl su hareketinin arttığını belirlemişlerdir. Diğer bir çalışmada da, siltli tın gibi ince tekstürlü topraklarda yerçekiminin su hareketi üzerine sınırlı etkide bulunduğu, bu durumda kapillar kuvvetlerin

akışı etkilediği ve bu yüzden yatay ve düşey yönde su hareketinin yaklaşık eşit olduğu, tınlı kum toprakta ise düşey hareketin daha fazla olduğu tespit edilmiştir (8). Gupta ve arkadaşları (14), kumlu tın toprakta yaptıkları çalışmanın bir bölümünde 0.75 L/h, 1.5 L/h ve 3 L/h' lik debilerle 10 L toplam su uygulaması sonucu, debi artışıyla düşey nem hareketinin arttığını gözlemişlerdir. USDA-SCS' de damla sulamada, 4 L/h debili nokta kaynaklı bir damlatıcının ıslattığı dairesel alanın maksimum çapını, ıslatma derinliğine bağlı olarak kaba, orta ve ince bünyeli topraklar için ayrı ayrı vermiştir (12). Homojen alanlarda, 75 cm' lik toprak derinliğinin ıslatılması durumuna göre bu değerler sırasıyla 45 cm, 90 cm ve 107 cm, 150 cm' lik toprak derinliğinin ıslatılması durumuna göre de 75 cm, 120 cm ve 150 cm ' dir.

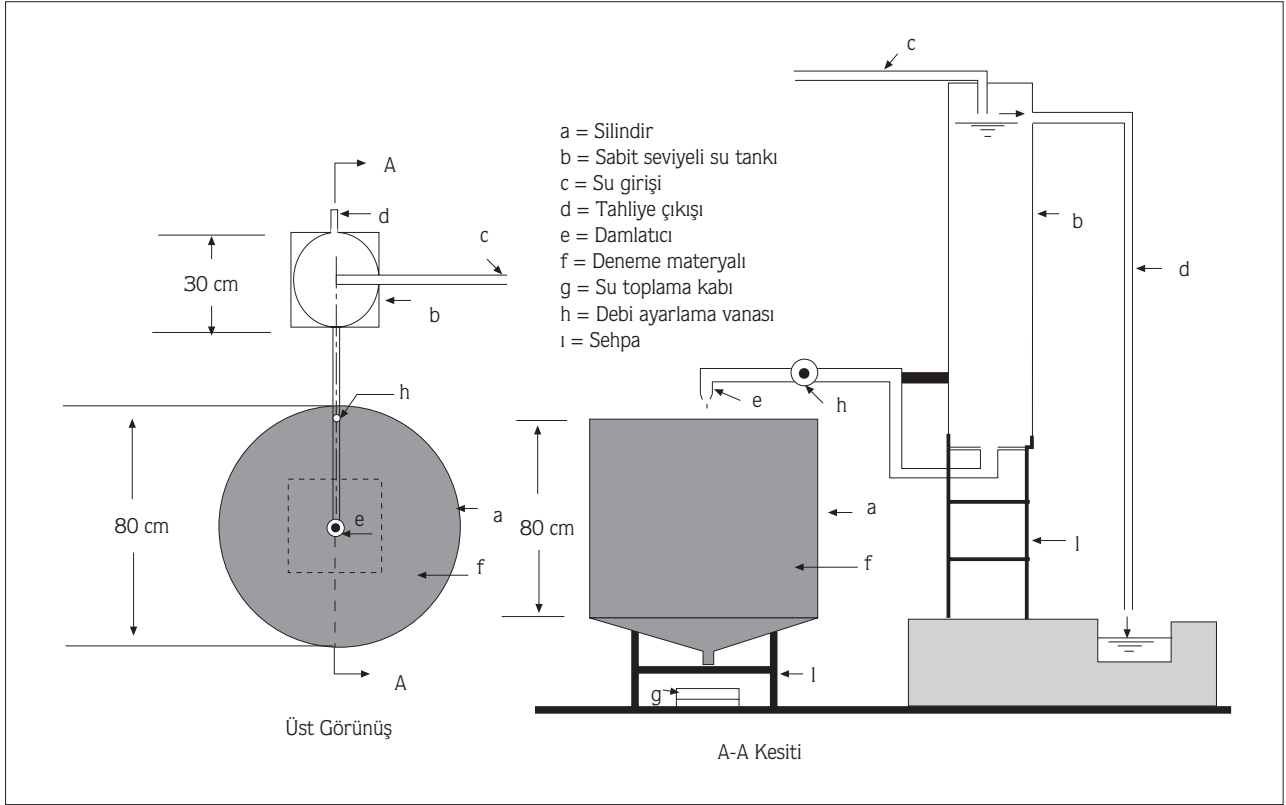
Uygulamada damlatıcı debisinin ağır bünyeli topraklarda 2-4 L/h, orta bünyeli topraklarda 4-6 L/h ve hafif bünyeli topraklarda 6-16 L/h arasında seçilmesi önerilmektedir (5). Tekinel ve Çevik (15) ise, damlatıcı debilerinin 1-10 L/h arasında değiştiğini, sebzeler için 1-2 L/h, meyve ağaçları için 4-10 L/h arasında debilere ihtiyaç duyulduğunu ifade etmişlerdir.

Bitki yetiştiriciliğinde toprakta yetiştiricilikte karşılaşılan bir takım problemlerden dolayı toprak dışındaki ortamlar da yetiştiricilikte kullanılmaktadır. Topraksız kültürde ortam olarak perlit ve pomza gibi materyaller uygulama alanı bulmuşlardır (16, 17). Tarımda perlit fabrikasyonla geliştirildikten sonra, pomza ise doğal halde kullanılan kültür ortamlarındandır (18, 19). Bu materyaller, Hollanda, İsveç, Japonya gibi ülkelerde tarımsal üretim ortamı olarak kullanılmakta olup, ülkemizde ise kullanılmaları deneme amaçlı çalışmalarla sınırlıdır (18).

Damla sulama ve topraksız kültür konuları bir bütünlük arzettiğinden dolayı, sulamada değişen uygulama debileri ve miktarlarında, sözkonusu materyallerde nem dağılımının nasıl olacağını gözlenebilmesi amacıyla bu araştırma yürütülmüştür.

Materyal ve Metot

Denemede 80 cm çap ve 80 cm derinlikte, galvanizli sactan yapılmış drenaj tipli silindirler kullanılmıştır. Damlatıcı düzeneği Şekil 1' de görüldüğü gibi sabit bir su basıncı sağlayan su tankı ile damlatıcı görevi yapan bir serum hortumu ve başlığından oluşturulmuştur. Gerekli su, içme suyu şebekesinden temin edilmiştir.



Şekil 1. Su Uygulama Düzenegi Genel Görünüşü

Deneme silindirlerinin içerisinde, hava kurusu nem içeren Van-Erciş yöresi pomzası ile Etibank işletmesine ait perlit, iki farklı tane büyüklüğünde denemeye alınmıştır. Van-Erciş pomzası ülkemizde rezerv yönünden ilk sıralarda bulunmakta olup asidik kökenlidir ve yoğunluğu bazik olanlara göre daha azdır (17, 19). Materyallerin bazı özelliklerine ilişkin değerler Tablo 1’de verilmiştir.

Damlatıcı merkezde olmak üzere silindirlere 2 L/h, 4 L/h, 6 L/h ve 8 L/h’lik debilerle 5 L ve 10 L toplam su uygulanmıştır. Deneme iki paralelli yürütülmüştür. Buharlaşmayı önlemek için su uygulamasının başlangıcından örnek alınmasına kadar ki sürede silindirlerin üzeri plastik örtü ile kaplanmıştır. Pomza ve perlit gibi materyaller suyun büyük bir kısmını düşük tansiyonda

Tablo 1. Deneme Materyallerine İlişkin Bazı Özellikler

Özellikler	Materyalin Cinsi			
	Pomza	Tane Büyüklüğü (mm)		Perlit
	< 1	1-2 *	< 1	1-2 *
Tarla Kapasitesi (1/3 atm), Pv	17.16	13.02	16.10	17.85
Solma Noktası (15 atm), Pv	6.90	6.64	8.75	9.72
Hava Kurusu Nem, Pv	0.56	0.27	0.04	0.05
Hacim Ağırlığı, g/cm ³	0.875	0.434	0.129	0.163

* Kullanılan materyal aynı olduğundan, bu değerler Şahin ve ark. (20) tarafından yapılan çalışmadan alınmıştır.

tutmaktadırlar. Gözenek büyüklük dağılımı suyun tutulmasında ve iletiminde önemli rol oynamaktadır. >100 mikron olan büyük gözenekler havalanma ve drenajı sağlarken, 100- 30 mikron arasındaki orta gözenekler su iletimini (hızlı kılcal akış) sağlarlar. 30-3 mikron arasındaki küçük gözenekler ise su tutmaya (yavaş kılcal akış) yararlar (21). Şahin ve ark. (20) tarafından bu denemede kullanılan aynı materyallerle ilgili olarak yapılan çalışmada belirlenmiş olan gözenek büyüklük dağılımlarında, 30 mikron' dan büyük gözenek miktarının toplam gözenek miktarına oranları, < 0.5 mm, 0.5-1 mm ve 1-2 mm tane büyüklükleri için sırasıyla pomzada % 44.12, % 71.53 ve % 83.49, perlitte % 72.57, % 75.92 ve % 76.59' dur. 30-3 mikron arasındaki gözeneklerin oranı ise yine sırasıyla pomzada % 37.48, % 15.99 ve % 7.85, perlitte % 17.23, % 9.26 ve % 8.53' tür. Bu veriler pomza ve perlit materyallerinde su iletiminin çoğunlukla hızlı akış şeklinde olduğunu göstermektedir. Bu nedenle örneklemeye, kapillar hareketin yaklaşık dengeye gelmesi için su uygulamasının bitiminden 1 saat sonra başlanmıştır. Yatay

ve düşey yönde her 5 cm de bir olacak şekilde örnekler, belli hacimdeki örnek alma kabıyla aynı miktarlarda alınarak tartılıp, gravimetrik yöntemle örneklerin alındığı noktalardaki nem miktarları ile ıslak cephenin merkezden itibaren yatay ve düşey yönde ilerleme mesafeleri belirlenmiştir. Düşey yönde örneklemeye deneme tankındaki materyalin 5 cm' lik tabakalar halinde kaldırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Hacim yüzdesi cinsinden % 1' in altında nem değeri ölçülen noktalar ıslak hacme dahil edilmemiştir.

Bulgular ve Tartışma

Perlit ve pomzada, farklı tane büyüklüklerinde, farklı su uygulama miktarları ve debilerinde, orijinden geçen düşey doğrultuda nemin derine hareketi ve bu düşey doğrultuya dik konumdaki doğrultudaki yatay hareketi sonucu belirlenmiş ilerleme mesafeleri Tablo 2' de verilmiştir. Yatay ilerlemede en yüksek yatay ilerleme değerleri dikkate alınmıştır. En yüksek yatay ilerlemeler 5-15 cm arasındaki derinliklerde belirlenmiştir.

Tablo 2. Nemin Yatay ve Düşey Yöndeki İlerlemeleri

Tane Büyüklüğü (mm)	YATAY İLERLEME (cm)								
	Uygulama Miktarı (L)								
	Paralel	5 Debi (L/h)				10 Debi (L/h)			
2		4	6	8	2	4	6	8	
PERLİT									
< 1	1	18.75	19.63	19.48	19.64	24.12	24.44	24.17	25.50
	2	20.07	19.03	19.82	19.12	23.40	21.40	22.60	23.38
1-2	1	19.80	19.93	24.69	24.43	24.73	29.69	29.18	24.46
	2	21.35	20.86	22.52	23.35	26.73	28.43	31.10	19.69
POMZA									
< 1	1	23.82	24.71	28.75	24.90	25.00	34.72	29.89	29.83
	2	24.00	23.07	28.21	24.83	26.34	31.50	33.01	25.65
1-2	1	19.87	19.74	19.60	19.35	24.68	19.77	19.94	19.33
	2	22.25	20.50	19.00	14.45	20.50	19.91	19.20	14.51
DÜŞEY İLERLEME (cm)									
PERLİT									
< 1	1	24.69	24.85	24.74	24.72	34.62	29.72	29.71	26.79
	2	22.35	24.20	22.96	22.59	30.40	28.13	28.38	29.63
1-2	1	34.71	29.82	23.88	24.79	39.88	34.70	34.55	49.78
	2	30.26	28.35	29.83	26.25	33.42	37.15	38.27	49.81
POMZA									
< 1	1	24.36	19.95	19.91	19.75	29.93	24.93	22.92	24.38
	2	25.48	22.97	18.73	22.64	30.08	23.26	26.42	29.52
1-2	1	34.81	34.80	46.36	55.28	39.82	50.93	60.45	69.90
	2	37.93	46.81	55.40	59.84	48.13	58.47	70.26	79.57

4x2x2 faktöriyel deneme deseninin tam şansa bağlı planına göre yürütülmüş olan bu çalışmada, yatay ve düşey nem ilerlemeleri varyans analizi sonuçları Tablo 3'te verilmiştir. Debi, uygulama miktarı ve tane büyüklüğü çok önemli derecede ($P < 0.01$) yatay ve düşey nem ilerlemesine etkiye bulunmuştur. Materyalin ise düşey ilerlemede çok önemli etkisi görülürken yatay ilerlemede etkisi önemsiz bulunmuştur (Tablo 3). Bu uygulamalara ilişkin ortalama değerlere bakıldığında, 6 L/h debisine kadar yatay ilerlemenin arttığı, 8 L/h debisinde en düşük yatay ilerlemenin olduğu, Duncan çoklu karşılaştırma testi sonucunda 8 L/h debisinin 2 L/h debisiyle aynı gruba girdiği ve diğer debilerden önemli derecede ($P < 0.05$) farklı bulunduğu görülmektedir (Tablo 4).

En fazla yatay ilerleme, uygulama miktarı bakımından 10 L uygulamasında (5 L için 21.55 cm ; 10 L için 24.90 cm), tane büyüklüğü bakımından < 1 mm tane büyüklüğünde (< 1 mm için 24.46 cm ; 1-2 mm için 21.99 cm), materyal bakımından pomzada (perlit için 22.98 cm ; pomza için 23.46 cm) çıkmıştır (Tablo 2). En fazla düşey ilerleme 8 L/h debisinde gözlenmiş, bu debi diğer debilerden önemli derecede ($P < 0.05$) farklı bulunmuştur (Tablo 4). Uygulama miktarı bakımından 10

L uygulamasında (5 L için 30.13 cm ; 10 L için 38.87 cm), tane büyüklüğü bakımından 1-2 mm büyüklükte (< 1 mm için 25.43 cm ; 1-2 mm için 43.57 cm), materyal bakımından pomzada (perlit için 30.44 cm ; pomza için 38.56 cm) en fazla düşey ilerleme belirlenmiştir (Tablo 2).

İkili interaksiyonlar incelendiğinde, yatay ilerlemede UHxM, düşey ilerlemede UHxUM ve UMxM interaksiyonlarının önemsiz, diğer interaksiyonların önemli olduğu görülmektedir (Tablo 3). İkili interaksiyonlarda ortalama yatay ve düşey nem ilerlemelerine ilişkin sonuçlar grafik halinde Şekil 2' de gösterilmiştir. Şekil 2' deki grafiklerde debiyle ilgili interaksiyonlar incelendiğinde yatay ilerlemenin; 5 L uygulama miktarında 10 L uygulama miktarından, 1-2 mm tane büyüklüğünde < 1 mm tane büyüklüğünden, perlitte pomzadan (8 L/h debisi dışında), düşey ilerlemenin; 5 L uygulama miktarında 10 L uygulama miktarından, < 1 mm tane büyüklüğünde 1-2 mm tane büyüklüğünden, perlitte pomzadan, uygulama miktarı ile ilgili interaksiyonlarda yatay ilerlemenin; 1-2 mm tane büyüklüğünde < 1 mm tane büyüklüğünden, düşey ilerlemenin; < 1 mm tane büyüklüğünde 1-2 mm tane büyüklüğünden, perlitte pomzadan daha az çıktığı,

Tablo 3. Uygulamalara İlişkin Varyans Analizi

Varyasyon Kaynakları	SD	YATAY İLERLEME			DÜŞEY İLERLEME		
		Kareler Ortalaması	F	P	Kareler Ortalaması	F	P
UH ¹	3	17.12	6.27	0.002	126.15	10.11	0.000
UM ²	1	179.83	65.90	0.000	1224.13	98.10	0.000
TB ³	1	98.11	35.95	0.000	5265.32	421.97	0.000
M ⁴	1	3.68	1.35	0.254	1056.74	84.69	0.000
UHxUM	3	9.49	3.48	0.027	34.76	2.79	0.057
UHxTB	3	8.01	2.94	0.048	217.45	17.43	0.000
UHxM	3	3.53	1.29	0.293	97.02	7.78	0.000
UMxTB	1	11.36	4.16	0.050	196.14	15.72	0.000
UMxM	1	17.87	6.55	0.015	1.00	0.08	0.779
TBxM	1	462.36	169.43	0.000	1876.62	150.40	0.000
UHxUMxTB	3	5.76	2.11	0.118	46.67	3.74	0.021
UHxTBxM	3	22.33	8.18	0.000	136.00	10.90	0.000
UMxTBxM	1	18.25	6.69	0.014	9.97	0.80	0.378
UHxUMxM	3	2.31	0.85	0.479	7.06	0.57	0.641
UHxUMxTBxM	3	15.58	5.71	0.003	15.29	1.23	0.317
Hata	32	2.73			12.48		

¹UH = Debi

³TB= Tane Büyüklüğü

²UM= Uygulama miktarı

⁴ M = Materyal

Tablo 4. Debi Ortalamalarına İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

	Debi (L/h)			
	2	4	6	8
Yatay İlerleme (cm)	22.84 bc*	23.58 ab	24.45 a	22.03 c
Düşey İlerleme (cm)	32.55 b	32.44 b	34.55 b	38.45 a

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsiz, farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P < 0.05).

UMxM interaksiyonunda yatay ilerlemede uygulama miktarları arasında farklılıkların olduğu, TBxM interaksiyonun da ise her iki materyalde de yatay ve düşey ilerlemede tane büyüklükleri arasında farklılığın söz konusu olduğu görülmektedir. İkili interaksiyon ortalamaları Duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları da Tablo 5' te verilmiştir.

UHxUM interaksiyonunda yatay ilerleme; en fazla 4 L/h → 10 L uygulamasında, en az 4 L/h → 5 L uygulamasında bulunmuş, en fazla çıkan uygulama 6 L/h → 10 L uygulaması ile, en az çıkan uygulama da tüm 5 L ve 8 L/h → 10 L uygulamaları ile aynı gruba girerek

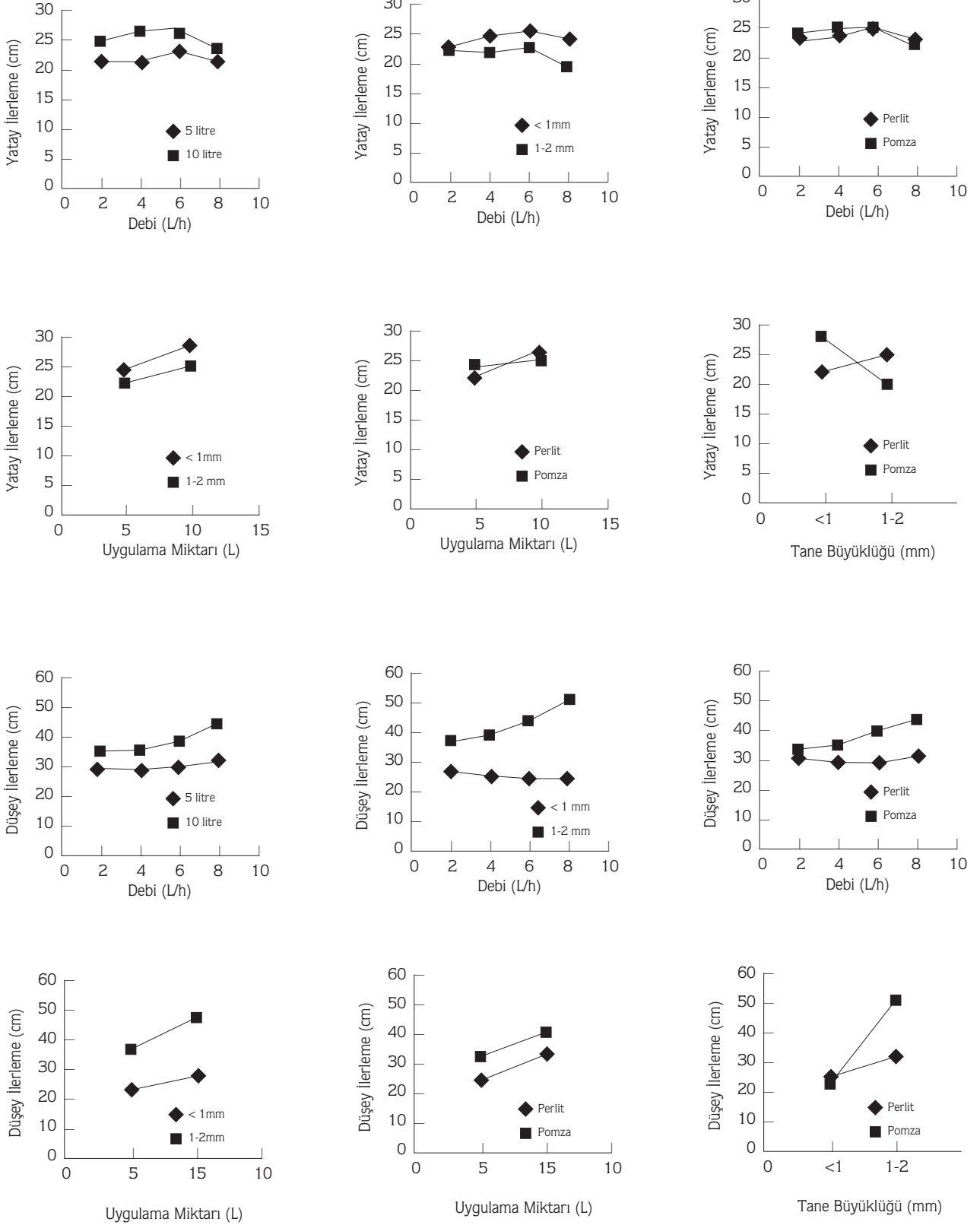
diğerlerinden önemli derecede (P < 0.05) farklı çıkmıştır. Düşey ilerleme; en fazla 8 L/h → 10 L uygulamasında, en az 4 L/h → 5 L uygulamasında belirlenmiş, en fazla çıkan uygulama tek başına, en az çıkan uygulama da tüm 5 L uygulamalarıyla aynı gruba girerek diğerlerinden önemli derecede (P < 0.05) farklı bulunmuştur (Tablo 5).

UHxTB interaksiyonunda yatay ilerleme; en fazla 6 L/h → < 1mm uygulamasında, en az 8 L/h → 1-2 mm uygulamasında belirlenmiş, en fazla çıkan uygulama 4 L/h → < 1mm ve 8 L/h → < 1mm uygulamaları ile aynı gruba girerek, en az çıkan uygulama da tek başına bir grupta yer alarak diğerlerinden önemli derecede (P <

Tablo 5. İkili İnteraksiyon Ortalamalarına İlişkin Çoklu Karşılaştırma Testi Sonuçları

		YATAY İLERLEME (cm)				DÜŞEY İLERLEME (cm)			
		Debi (L/h)				Debi (L/h)			
		2	4	6	8	2	4	6	8
UM	5 L	21.24c*	20.93c	22.76bc	21.26c	29.32c	28.97c	30.23c	31.98c
	10 L	24.44b	26.23a	26.14a	22.79bc	35.79b	35.91b	38.87b	44.92a
TB	< 1 mm	23.19bc	24.81ab	25.74a	24.11abc	27.74d	24.75d	24.22d	25.00d
	1-2 mm	22.49c	22.35c	23.15bc	19.95d	37.37c	40.13c	44.88b	51.90a
M	Perlit	22.37bc	22.93abc	24.20ab	22.45bc	31.29de	29.62e	29.04e	31.80cde
	Pomza	23.31abc	24.24ab	24.70a	21.61c	33.82cd	35.27c	40.06b	45.11a
		Uygulama Miktarı (L)		Uygulama Miktarı (L)		Uygulama Miktarı (L)		Uygulama Miktarı (L)	
		5	10	5	10	5	10	5	10
TB	< 1 mm	22.36 b	26.56 a	22.81d	28.05c				
	1-2 mm	20.73 c	23.24 b	37.45b	49.69a				
M	Perlit	20.78 c	25.19 a	26.19c	34.68b				
	Pomza	22.32 b	24.61 a	34.06b	43.06a				
		Tane Büyüklüğü (mm)		Tane Büyüklüğü (mm)		Tane Büyüklüğü (mm)		Tane Büyüklüğü (mm)	
		< 1	1-2	< 1	1-2	< 1	1-2	< 1	1-2
M	Perlit	21.53 c	24.43 b	26.78c	34.09b				
	Pomza	27.39 a	19.54 d	24.08d	53.05a				

* Aynı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemsiz, farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir (P < 0.05).



Şekil 2. İkili İnteraksiyonlara Ait Yatay ve Düşey Nem İlerlemeleri

0.05) farklılık göstermiştir. Düşey ilerleme; en fazla 8 L/h → 1-2 mm uygulamasında, en az 6 L/h → < 1 mm uygulamasında belirlenmiş, en fazla çıkan uygulama tek başına ve en az çıkan uygulama da tüm < 1 mm tane büyüklüğü uygulamaları ile aynı gruba girerek diğerlerinden önemli derecede ($P < 0.05$) farklı bulunmuştur (Tablo 5).

UHxM interaksyonunda en fazla yatay ilerleme; 6 L/h → pomza uygulamasında, en az 8 L/h → pomza uygulamasında çıkmış, en fazla çıkan uygulama 2 L/h → perlit, 8 L/h → perlit ve 8 L/h → pomza, en az çıkan uygulama da 6 L/h → perlit, 4 L/h → pomza ve 6 L/h → pomza uygulamalarından önemli derecede ($P < 0.05$) farklılık göstermiştir. Bu interaksyonda düşey ilerleme de; en fazla 8 L/h → pomza uygulamasında, en az 6 L/h → perlit uygulamasında çıkmış, en yüksek çıkan uygulama tek başına, en az çıkan uygulama da tüm perlit uygulamaları ile aynı gruba girerek diğerlerinden önemli derecede ($P < 0.05$) farklı bulunmuştur (Tablo 5).

UMxTB interaksyonunda yatay ilerleme; en fazla 10 L → < 1 mm, en az 5 L → 1-2 mm uygulamasında çıkarak diğer uygulamalarından önemli derecede ($P < 0.05$) farklı bulunmuşlardır. Düşey ilerleme; en fazla 10 L → 1-2 mm uygulamasında, en az 5 L → < 1 mm uygulamasında çıkmış, en fazla ve en az çıkan uygulamalar diğer uygulamalardan önemli derecede ($P < 0.05$) farklı bulunmuştur. UMXM interaksyonunda yatay ilerleme en fazla 10 L → perlit, düşey ilerleme en fazla 10 L → pomza, yatay ve düşey ilerlemeler en az 5 L → perlit uygulamalarında çıkmıştır. En az çıkan uygulamalar ile düşey ilerlemede en fazla çıkan uygulama diğerlerinden önemli derecede ($P < 0.05$) farklı bulunmuştur (Tablo 5).

TBxM interaksyonunda da en fazla yatay ilerleme, < 1 mm → pomza, en az ise 1-2 mm → pomza uygulamasında çıkmış, bu uygulamalar diğerlerinden önemli derecede ($P < 0.05$) farklı bulunmuştur. Düşey ilerleme de en fazla 1-2 mm → pomza uygulamasında, en az < 1 mm → pomza uygulamasında çıkmış, bu uygulamalar diğerlerinden önemli derecede ($P < 0.05$) farklı bulunmuştur (Tablo 5).

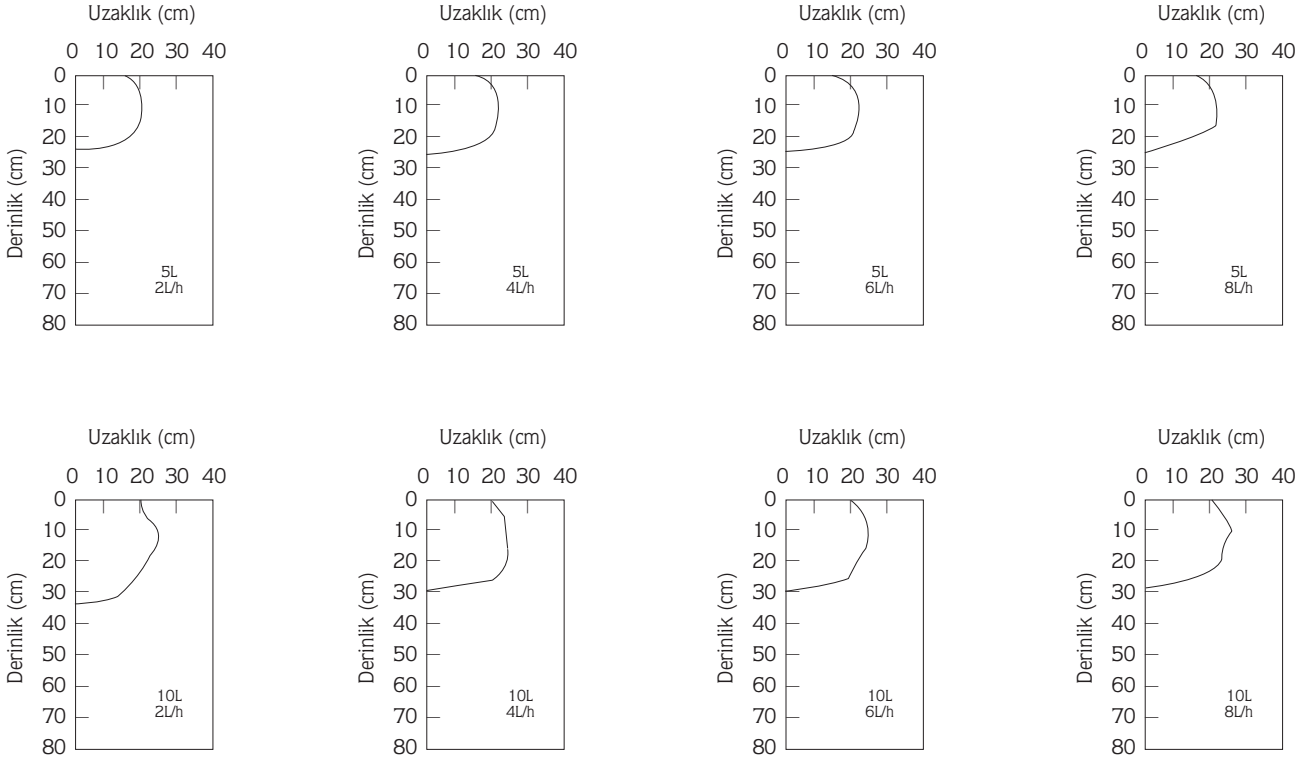
Tablo 3' te üçlü interaksyonlarla dörtlü interaksyon incelendiğinde de yatay ilerlemede UHxUMxTB ile UHxUMxM interaksyonlarının önemsiz diğerlerinin önemli, düşey ilerlemede ise UHxUMxTB ile UHxTBxM interaksyonlarının önemli diğerlerinin önemsiz çıktığı

görülmektedir.

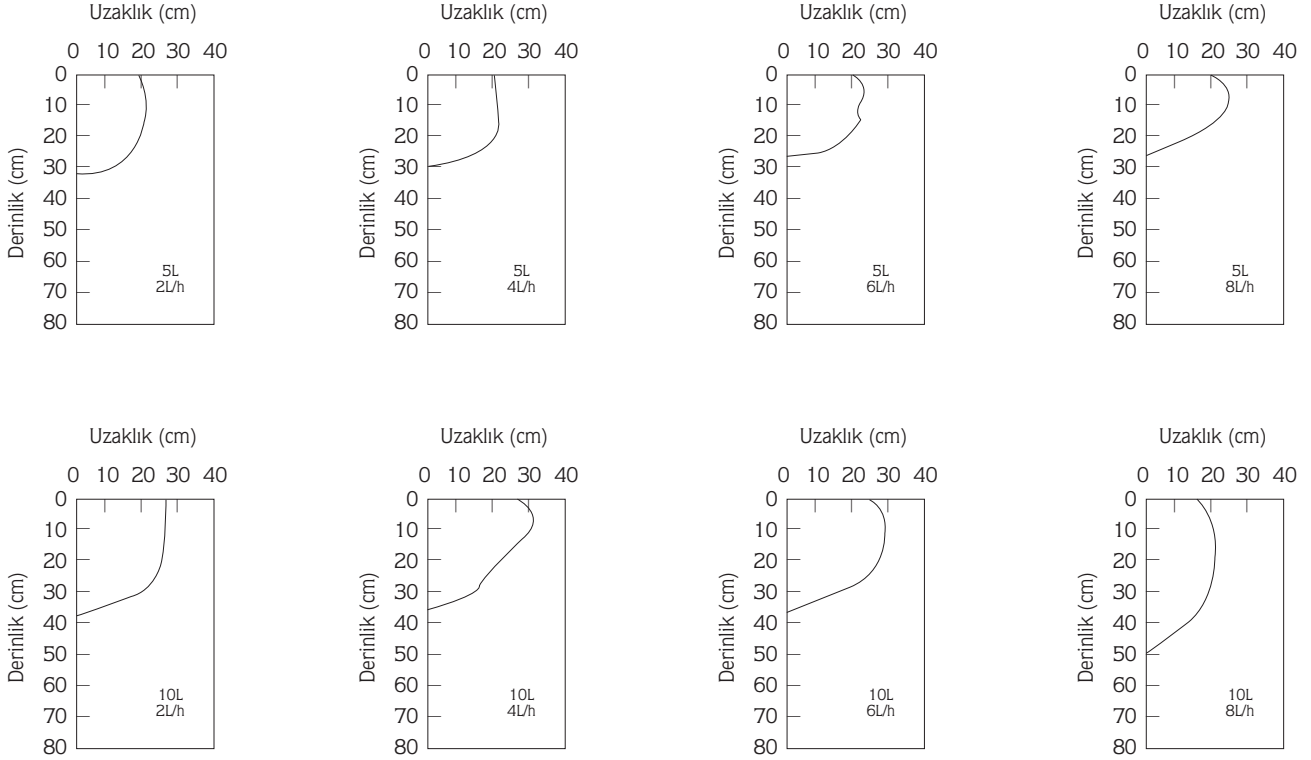
Üçlü interaksyonlar ve dörtlü interaksyona ilişkin ortalama değerlere göre, UHxUMxTB interaksyonunda yatay ilerleme; en fazla 4 L/h → 10 L → < 1mm uygulamasında (28.02 cm), en az 8 L/h → 10 L → 1-2 mm uygulamasında (19.50 cm), düşey ilerleme; en fazla 8 L/h → 10 L → 1-2 mm uygulamasında (62.27 cm), en az 6 L/h → 5 L → < 1 mm uygulamasında (21.59 cm), UHxTBxM interaksyonunda yatay ilerleme; en fazla 6 L/h → < 1 mm → pomza uygulamasında (29.97 cm), en az 8 L/h → 1-2 mm → pomza uygulamasında (16.91 cm), düşey ilerleme; en fazla 8 L/h → 1-2 mm → pomza uygulamasında (66.15 cm), en az 6 L/h → < 1 mm → pomza uygulamasında (22.00 cm), UMXTBxM interaksyonunda yatay ilerleme; en fazla 10 L → < 1 mm → pomza uygulamasında (29.49 cm), en az 5 L → 1-2 mm → pomza uygulamasında (19.35 cm), düşey ilerleme; en fazla 10 L → 1-2 mm → pomza uygulamasında (59.69 cm), en az 5 L → < 1mm → pomza uygulamasında (21.72 cm), UHxUMxM interaksyonunda yatay ilerleme; en fazla 6 L/h → 10 L → perlit uygulamasında (26.76 cm), en az 4 L/h → 5 L → perlit uygulamasında (19.86 cm), düşey ilerleme; en fazla 8 L/h → 10 L → pomza uygulamasında (50.84 cm), en az 8 L/h → 5 L → perlit uygulamasında (24.59 cm), dörtlü interaksyonda ise yatay ilerleme; en fazla 4 L/h → 10 L → < 1 mm → pomza uygulamasında (33.11 cm), en az 8 L/h → 5 L → 1-2 mm → pomza uygulamasında (16.90 cm), düşey ilerleme de; en fazla 8 L/h → 10 L → 1-2 mm → pomza uygulamasında (74.74 cm), en az 6 L/h → 5 L → < 1 mm → pomza uygulamasında (19.32 cm) çıkmıştır (Tablo 2).

İki tekerrüre ait değerlerin ortalamaları kullanılarak çizilen ıslak cephe kesit görünüşleri de Şekil 3, 4, 5 ve 6' da gösterilmiştir.

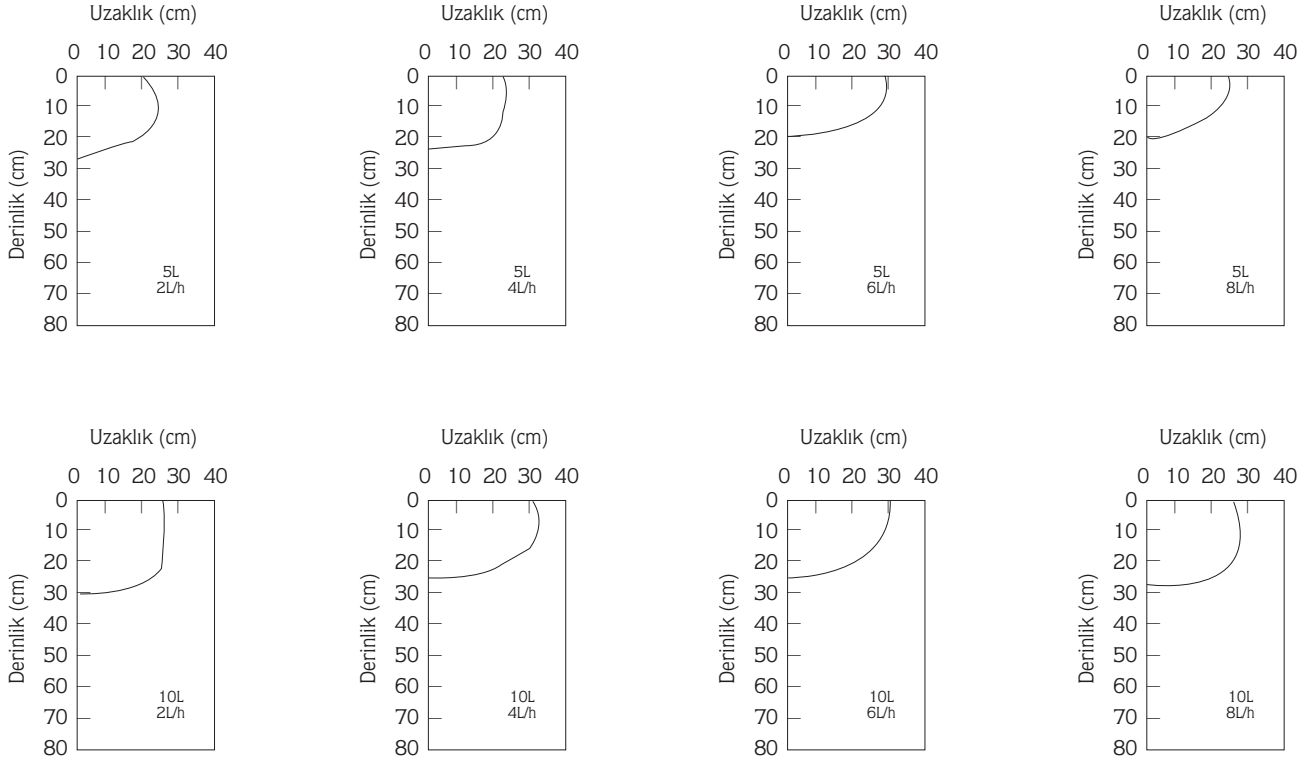
Şekil 3, 4, 5 ve 6 genel olarak incelendiğinde, ıslak cephe yatay ilerlemesinin, perlitte (10 L → 1-2 mm → 8 L/h uygulaması hariç), tane büyüklüklerine ve debilere göre; 10 L uygulama miktarında 5 L uygulama miktarından, uygulama miktarı ve debilere göre; 1-2 mm tane büyüklüğünde < 1 mm tane büyüklüğünden daha fazla olduğu, < 1 mm tane büyüklüğünde debi artışıyla değişkenliğin fazla olmadığı, 1-2 mm tane büyüklüğünde 10 L uygulama miktarında 8 L/h debisi dışında debi artışıyla arttığı, 5 L uygulama miktarında 6 ve 8 L/h debilerinde daha fazla olduğu, pomzada ise, tane büyüklüklerine ve debilere göre; 10 L uygulama



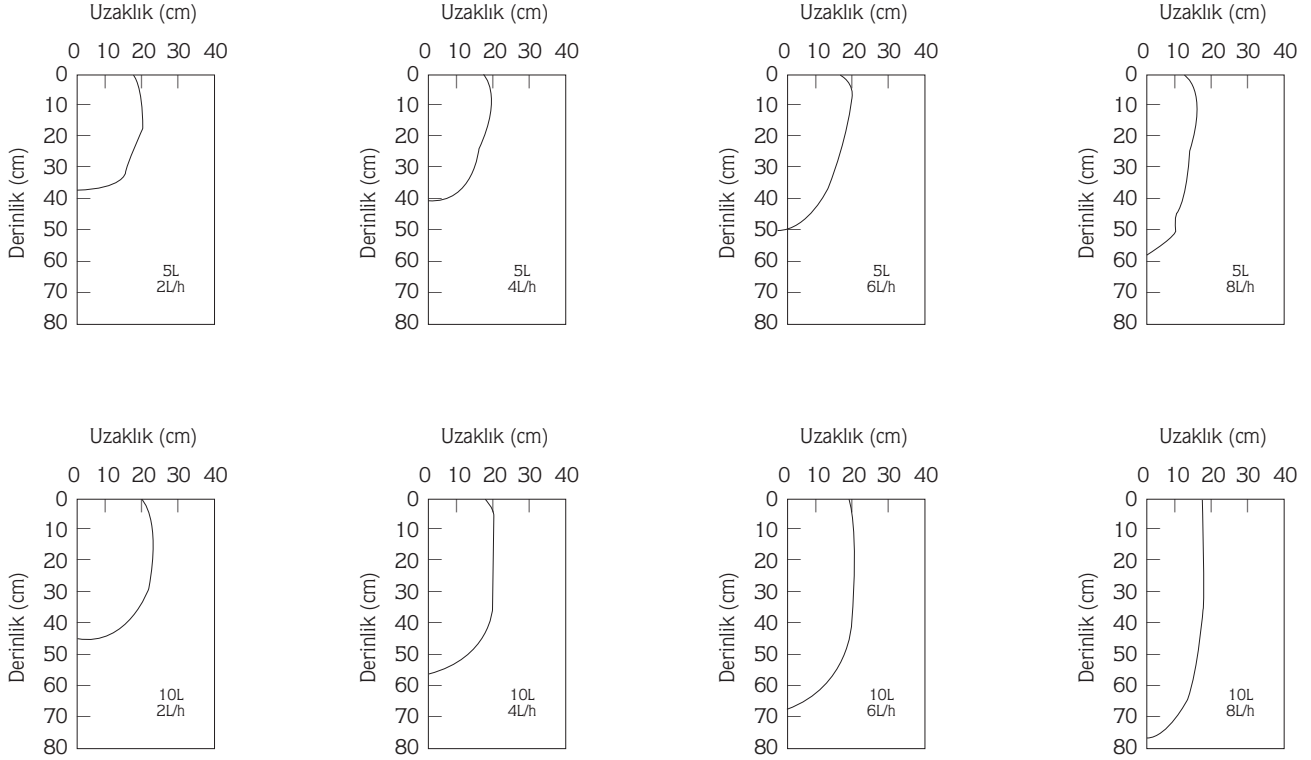
Şekil 3. Perlitte, < 1 mm Tane büyüklüğünde, Değişen Uygulama Miktarları ve Debilerde Yatay ve Düşey Nem Hareketi



Şekil 4. Perlitte, 1-2 mm Tane büyüklüğünde Değişen Uygulama Miktarları ve Debilerde Yatay ve Düşey Nem Hareketi



Şekil 5. Pomzada, < 1 mm Tane Büyüklüğünde, Değişen Uygulama Miktarları ve Debilerde Yatay ve Düşey Nem Hareketi



Şekil 6. Pomzada, 1-2 mm Tane Büyüklüğünde, Değişen Uygulama Miktarları ve Debilerde Yatay ve Düşey Nem Hareketi

miktarında 5 L uygulama miktarından (10 L → 1-2 mm → 4 L/h uygulaması hariç), uygulama miktarları ve debilere göre; < 1 mm tane büyüklüğünde 1-2 mm tane büyüklüğünden daha fazla olduğu, 1-2 mm tane büyüklüğünde her iki uygulama miktarında, < 1 mm tane büyüklüğünde 10 L uygulama miktarında (2 L/h debisi dışında) debi artışıyla azaldığı, < 1 mm tane büyüklüğünde 5 L uygulama miktarında 6 ve 8 L/h debilerinde daha fazla olduğu, uygulama miktarları ve debilere göre, materyaller dikkate alındığında da; < 1 mm tane büyüklüğünde pomzada, 1-2 mm tane büyüklüğünde ise 5 L → 2 L/h uygulaması dışında perlitte daha fazla olduğu görülmektedir.

Şekil 3, 4, 5 ve 6' da düşey nem hareketi incelendiğinde de, düşey ilerlemenin, perlit ve pomzada, uygulama miktarı ve debilere göre, 1-2 mm tane büyüklüğünde < 1 mm tane büyüklüğünden, tane büyüklükleri ve debilere göre, 10 L uygulama miktarında 5 L uygulama miktarından daha fazla olduğu, perlitte 5 L uygulama miktarında her iki tane büyüklüğünde (< 1 mm → 2 L/h uygulaması dışında) debi artışıyla düşey ilerlemenin azaldığı, 10 L uygulama miktarında 1-2 mm tane büyüklüğünde (2 L/h debisi hariç) debi artışıyla arttığı, < 1 mm tane büyüklüğünde (4 L/h debisi hariç) debi artışıyla azaldığı, pomzada, 1-2 mm tane büyüklüğünde her iki uygulama miktarında, < 1 mm tane büyüklüğünde 10 L uygulama miktarında (2 L/h debisi hariç) debi artışıyla arttığı, < 1 mm tane büyüklüğü 5 litre uygulama miktarında ise (8 L/h debisi hariç) debi artışıyla azaldığı, uygulama miktarları ve debilere göre materyaller dikkate alındığında da, 1-2 mm tane büyüklüğünde pomzada, < 1 mm tane büyüklüğünde ise perlitte (5 L → 2 L/h uygulaması dışında) daha fazla olduğu görülmektedir.

Pomzada, 1-2 mm → 10 L → 8 L/h uygulaması en dar ve uzun ıslak cepheyi oluşturmuş, 1-2 mm tane büyüklüğünde ıslak cephe debi artışıyla daralarak uzama eğilimi göstermiş, < 1 mm → 5 L uygulamalarında 6 L/h debiye kadar ıslak cephe genişleyerek sığlaşmış, < 1 mm → 10 L uygulamalarında 4 L/h debiden itibaren debi artışıyla ıslak cephe daralarak uzama eğilimi göstermiştir. Perlitte, < 1 mm → 5 L ve < 1 mm → 10 L uygulamalarında ıslak cephe kesitinin debi artışıyla yaklaşık aynı kaldığı (< 1 mm → 10 L → 2 L/h uygulaması hariç), 1-2 mm → 5 L uygulamalarında debi artışıyla ıslak cephenin yayılarak sığlaştığı, 1-2 mm → 10 L uygulamalarında ilk üç debide yatay ve düşey yayılımın fazla olduğu, en dar ve uzun ıslak cephenin 8 L/h uygulamasında olduğu gözlenmiştir.

Tüm bu sonuçların genel olarak değerlendirilmesiyle şunlar söylenebilir. 10 L uygulama miktarında 5 L uygulama miktarından, 1-2 mm tane büyüklüğünde < 1 mm tane büyüklüğünden daha büyük ıslak cephe oluşmuştur. Materyaller arası bir farklılık olmuş, pomzada perlitte göre daha büyük bir ıslak cephe meydana gelmiştir. Debi artışının da 6 L/h debiye kadar ıslak cephe düşey ilerlemesini önemli derecede etkilemediği, asıl etkinin 8 L/h debide olduğu, bu debide ıslak cephe yatay ilerlemesinin de minimum olduğu görülmüştür. Burada ıslatılan kesitin debi ve uygulama miktarıyla değiştiği söylenebilir ve sonuçlar bu konuyla ilgili literatürlere de uyum sağlamıştır (1, 7, 8, 9, 10, 11, 14). İnce tekstürlü topraklarda yerçekiminin su hareketi üzerinde sınırlı etkide bulunduğu, bu durumda kapillar kuvvetlerin akışı etkilediği (8), debi artışına bağlı olarak ta yanal su hareketinin arttığı (13) gözönüne alındığında da tane büyüklüklerine göre farklılığın nedeni belirlenmiş olacaktır. Zaten USDA-SCS' nin önermiş olduğu değerlerde de tekstür incelidikçe yatay hareketin arttığı

Tablo 6. Farklı Tane Büyüklüğünde Pomza ve Perlitte Değişen Damlatıcı Debileri ve Uygulama Miktarlarında Damlatıcı Aralıkları (cm)

Materyal	Tane Büyüklüğü	Uygulama Miktarı (L)							
		5 Debi (L/h)				10 Debi (L/h)			
		2	4	6	8	2	4	6	8
Perlit	< 1	26	28	27	27	29	33	33	35
	1-2	28	30	32	33	41	40	42	32
Pomza	< 1	33	33	37	31	42	45	41	42
	1-2	28	29	28	25	34	33	34	26

görülmektedir (12). Materyal bakımından da farklılık görülmesin de ise, pomzanın doğal olarak genişmiş, perlitin ise fabrikasyonla genişmiş olması nedeniyle özelliklerinin farklılık arz etmesi gösterilebilir (18, 19).

Burada yatay yönde nem ilerleme verileri kullanılarak damlatıcı aralıklarının belirlenmesi yoluna da gidilmiştir. Damlatıcı aralıkları, kesişim noktasında yaklaşık tarla kapasitesinde nem olacak şekilde, ıslatma çaplarının birbirini örtmesi esas alınarak, ıslatılan derinlik için ortalama olarak hesaplanmıştır. Bulunan sonuçlar Tablo 6' da verilmiştir. Tablo 6' daki değerler incelendiğinde, damlatıcı aralıklarının, en fazla 10 L → 4 L/h → pomza → < 1 mm (45 cm), en az ise 5 L → 8 L/h → pomza → 1-2 mm (25 cm) uygulamasında çıktığı görülmektedir. Damlatıcı aralıkları (10 L → 8 L/h → perlit → 1-2 mm uygulaması dışında), tane büyüklüğü bakımından perlitte

1-2 mm tane büyüklüğünde, pomzada < 1 mm tane büyüklüğünde, uygulama miktarı bakımından da 10 L uygulama miktarında daha fazla bulunmuştur (Tablo 6).

Serada bitki yetiştiriciliğinde yetiştirme ortamının derinliği tarla koşullarına göre fazla olmadığından dolayı ıslak cephenin derine hareketinin sınırlandırılması gerekmektedir. Buradan hareketle sonuç olarak, pomzanın kullanılması durumunda tane büyüklüğünün < 1 mm seçilmesinin, Perlitin kullanılması durumunda da tane büyüklüğünün < 1 mm seçilmesinin veya 1-2 mm tane büyüklüğü seçildiğinde de su uygulama miktarının küçük seçilmesinin uygun olacağı söylenebilir. Ayrıca Tablo 6' da verilen değerlere göre damlatıcı aralıklarının seçilmesi de uygulama üniformitesinin artmasını sağlayacaktır.

Kaynaklar

1. Yazar, A., Tekinel, O., Modern Sulama Sistemlerinin Karşılaştırılması. Çukurova Üniv., Ziraat Fak. Dergisi, 4(4), 11-21, 1989.
2. Clothier, B.E., Solute Travel Times During Trickle Irrigation. Water Resources Research, 20 (12), 1848-1852, 1984.
3. Omary, M., Ligon, J.T., Three-Dimensional Movement of Water and Pesticide from Trickle Irrigation: Finite Element Model, Transactions of the ASAE, 35(3), 811-821, 1992.
4. Kırdı, C., Starr, J.L., Nielsen, D.R., Azotlu Gübrelerin Topraktaki Yıkanmaları ve Uğradıkları Mikrobiyel Değişimler. Toprak Sulu Dergisi, 42, 96-105, 1976.
5. Yıldırım, O., Bahçe Bitkileri Sulama Tekniği, Ankara Üniv., Ziraat Fak. Yayın No: 1281, 141-165, 1993.
6. Yazar, A., Gençoğlu, C., Diker, K., Sulama Sistemlerindeki Son Gelişmeler, Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Dergisi, 5(2), 61-72, 1990.
7. Clothier, B., Scotter, D., Harper, E., Three-Dimensional Infiltration and Trickle Irrigation, Transactions of the ASAE, 497-501, 1985.
8. Hachum, A.Y., Alfaro, J.F., Willardson, L.S., Water Movement in Soil from Trickle Source, Journal of the Irrigation and Drainage Div., IR(2), 179-192, 1976.
9. Risse, L.M., Chesness, J.L., A Simplified Design Procedure to Determine the Wetted Radius for a Trickle Emitter, Transactions of the ASAE, 32(6), 1909-1914, 1989.
10. Armstrong, C.F., Wilson, T.V., Computer Model for Moisture Distribution in Stratified Soils Under a Trickle Source, Transactions of the ASAE, 1704-1709, 1983.
11. Howell, T.A., Stevenson, D.S., Aljibury, F.K., Gitlin, H.M., Wu, I.P., Warrick, A.W., Raats, P.A.C., Design and Operation of Trickle (Drip) Systems, Design and Operation of Farm Irrigation System (Ed. M.E. Jensen), ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan 49085, 663-713, 1983.
12. James, L.G., Principles of Farm Irrigation System Design, John Wiley and Sons Ins., New York, 260-300, 1988.
13. Gençoğlu, C., Yazar, A., Ağır Bünyeli Topraklarda Farklı Damlatıcı Debileri ve Uygulanan Toplam Sulama Suyu Miktarlarının Nem Dağılımına Etkisi. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Böl., Adana, 1991.
14. Gupta, R., Tyagi, N., Rudra, R., Water and Salt Movement Under Trickle Irrigation. Irrigation and Drainage Proceedings of the National Conference, ASCE, 345 East 47th Street, New York, 10-16, 1991.
15. Tekinel, O., Çevik, B., Recent Developments in Greenhouse Crop Irrigation in the Mediterranean Region. Acta Horticulturae, 366, 353-364, 1994.
16. Gül, A., Topraksız Sebze Yetiştiriciliğinde Perlit Kullanımı. Türkiye 1. Tarımda Perlit Sempozyumu, 29-30 Haziran, İzmir, 222-227, 1992.
17. Gür, K., Zengin, M., Uyanöz, R., Pomzanın Tarım ve Çevre Açısından Önemi. 1. Isparta Pomza Sempozyumu, 26-28 Haziran, Isparta, 125-132, 1997.
18. Güngör, N., Tombul, M., Pomzanın Kullanım Alanı İle İlgili Özellikleri ve Mevzuatın Pomza Madenciliğine Etkisi. 1. Isparta Pomza Sempozyumu, 26-28 Haziran, Isparta, 19-24, 1997.
19. Çevikbaş, A., İlgün, F., Türkiye Pomza Yataklarının Jeolojisi ve Ekonomisi. 1. Isparta Pomza Sempozyumu, 26-28 Haziran, Isparta, 13-18, 1997.
20. Şahin, Ü., Hanay, A., Anapalı, Ö., Seralarda Topraksız Kültürde Pomzanın Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma. 1. Isparta Pomza Sempozyumu, 26-28 Haziran, Isparta, 133-139, 1997.
21. Gemalmaz, E., Drenaj Mühendisliği (I. Cilt). Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Yayın No: 317, Erzurum, 8, 1993.