



Farklı Sulama Düzeylerinin Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Mısırın Kök Gelişimine Etkisi

Meryem GÜL^{1*}

<https://orcid.org/0000-0002-1152-8615>

Muharrem Yetiş YAVUZ¹

<https://orcid.org/0000-0002-1607-3189>

¹Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı.

*Sorumlu yazar: meryemgul@dsi.gov.tr

Özet

Bu çalışmanın amacı, farklı sulama düzeylerinin mısırın (*Zea mays*) kök gelişimine olan etkisinin araştırılmasıdır. Deneme 2019 yılında ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dardanos Araştırma ve Uygulama Merkezinde yürütülmüştür. Deneme, bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemede 90 cm'lik toprak profilinde ölçülen eksik nem miktarının %100 (S1); %80 (S2); %60 (S3); %40 (S4); %0'ın (S5) sulama suyu olarak uygulandığı beş sulama düzeyi vardır. Denemede konulara sırası ile 546 mm (S1); 455,6 mm (S2); 365,2 mm (S3); 274,8 mm (S4) ve 94 mm (S5) sulama suyu uygulanmıştır. Konularda gerçekleşen mevsimlik bitki su tüketimi 754,9 mm (S1); 671,71 mm (S2); 585,39 mm (S3); 519,44 mm (S4) ve 341,66 mm (S5) olmuştur. Sulama düzeylerinin toplam kök uzunluklarına etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur ($P=0,0762$). Konularda en yüksek toplam kök uzunluğu 3879,77 cm ile S4 ve en düşük 2525,11 cm ile S5 konularında tespit edilmiştir. Konularda toplam kök yüzey alanlarının derinliğe göre farkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P=0,0079$). Ayrıca konularda derinliğe göre kök yüzey alanlarının dağılımı istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($P<0,0001$). Konularda en yüksek toplam kök yüzey alanı 187,71 cm² ile S2 ve en düşük 110,18cm² ile S5 konularında tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Damla sulama, Mısır, Etkili kök derinliği, Kök uzunluğu

The Effect of Different Irrigation Levels on Root Growth of Corn Irrigated by Drip Irrigation Method

Abstract

The objective of this study is to investigate the effect of different irrigation levels on the root growth of maize (*Zea mays*). The trial was carried out at ÇOMÜ Agricultural Faculty, Dardanos Research and Application Center in 2019. The experiment was carried out according to the split-plot design with three replications. The treatments included five irrigation levels; which provided 100% (S1), 80% (S2), 60% (S3), 40% (S4), and 0%(S5) of the missing moisture as irrigation water as determined by the measurements in the 90-cm soil profile. The amounts of water given to the plots based on the treatments were 546 mm (S1), 455.6 mm (S2), 365.2 mm (S3), 274.8 mm (S4), and 94 mm (S5), respectively. The difference among irrigation levels for the total root length was statistically insignificant ($P=0.0762$). The highest total root length was found in S4 with 3879,77 cm and the lowest in S5 with 2525,11 cm. The differences in the total root surface areas of the subjects according to the depth were found to be statistically significant ($P=0.0079$). Similarly, the distribution of root surface areas according to the depth was found to be statistically different ($P<0.0001$). The highest total root surface area was found in S2 187,71 cm² and the lowest in S5 with 110,18cm².

Keywords: Drip irrigation, Corn, Effective root depth, Root length

Giriş

Bitki kök sisteminin su alma mekanizması toprak-bitki-atmosfer ilişkisinde önemli rol oynar. Kök sisteminin su alması yalnızca bitkinin su alma yeteneğini değil aynı zamanda, kaynak koşullarında oluşan değişime tepkiyi de belirler. Böylece bitkiler için tarımsal su yönetimi ve uygun sulama programlarının hazırlanması için temel bilgi sağlar (Wang ve ark. 2010). Minirhizotron tekniği gibi bitkiyi tahrip etmeyen yöntemler de olmakla beraber bitki köklerine ilişkin araştırmalar genellikle kök sisteminin tamamının kazılarak çıkartılmasıyla yapılmıştır (Yavuz ve ark 2009, Dahlman and Kucera, 1965; Feng et al.,2008; Jackson et al.,1996).

Bitkiye özel kök dinamikleri ve kök biyokütlesi bitkinin su ve besin maddesi alımı üzerinde büyük etkiye sahiptir. Bitki köklerinin ana görevi, uyum sağladıkları toprak içerisinde bulunan su ve besin maddesini almaktır. Kök sistemi bitki ile toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri arasında köprü görevi gördüğünden bitki gelişimi ve verim üzerinde önemli etkiye sahiptir (Klepper, 1990). Kök sisteminin gelişiminde toprağın bir takım fiziksel özelliklerinin yanı sıra toprak nem içeriği de önemli bir etkidir. Uygulanan sulama yöntemi veya sulama düzeyi, kök sisteminin yatay ve düşey gelişimini etkilemenin yanı sıra bitki besin maddelerinin toprak içerisinde taşınmasını da sağlamaktadır. Bu durum dikkate alınarak özellikle su tasarrufu sağlamak amacı ile kök bölgesinin kısmen sulandığı veya damla sulama gibi suyun, diğer yöntemlere göre daha az kullanıldığı yöntemlerin kök gelişimine olan etkisi, bitkilerin su ve besin maddesi alımları ve dolayısı ile verimleri de farklıdır (Wiesler ve ark., 1994). Bu nedenle toprakta bitki tarafından kullanılacak su miktarının hesaplanmasında, bitki kök sisteminin dikey olarak ulaştığı derinlik ve yatay olarak kapladığı alan dikkate alınan önemli bir parametredir.

Yapılan araştırmalarda uygulanan farklı sulama yöntemleri ve sulama düzeylerinin kök gelişimine etkili olduğu görülmüştür. Yapılan araştırmalara göre uygulanan yetiştirme tekniği ile ve sulama düzeyinin mısır kök sistemini, su ve besin kullanım verimliliğini ve tane verimini etkilediği görülmüştür (Mitchell ve Sparks, 1982; Anderson, 1987; Materechera ve Mloza-Banda, 1997; Khan ve ark, 2012). Tam su alma koşullarında kök gelişiminin su stresi altında oluşan kök gelişimine göre daha iyi olduğu ifade edilmektedir (Adiku ve ark, 2001). Farklı sulama stratejilerinin, ekim yöntemlerinin kışlık buğday kök büyümesi üzerindeki etkilerinin araştırıldığı bir araştırmada sıralı ekimin ve su kısıtının sırt üstü ekim ve tam sulamada elde edilene kıyasla ortalama kök uzunluğu yoğunluğunu ve kök kütle yoğunluğunu azalttığını göstermiştir (Mehrabi ve ark., 2021).

Yapılan tarımsal uygulamalar ve su kısıtı, kök sisteminin toprak profili içerisinde dağılımını etkilemektedir. Dolayısı ile gereksinim duydukları suyu değişik katmanlarda ve değişik oranlarda tüketebilmektedirler. Asbjornsen ve ark (2007) izotop teknolojisini kullanarak yaptıkları araştırmada Çoklu Kaynak Kütle Dengesi Analizinden üretilen frekans histografları, mısır ve araştırmalarında yer alan çayırın tükettikleri suyun sırasıyla %45 ve %36'sını üst 0-20 cm toprak derinliğinde aldığını tespit etmişlerdir. Buna karşılık, savana ve ormanlık alanda yetişen meşe ağaçları, sularının sırasıyla %40'ını ve %20'sini üst 20 cm'den ve %60'ını ve %80'ini >60 cm derinliklerden elde ettiğini ifade etmiştir. Öte yandan Dehqani ve ark. (2019) Karık işletim tiplerinin ve su kısıtının kök gelişimine etkisi araştırmalarında en yüksek kök yoğunluğunu 0-20 cm'ler arasında tespit etmişlerdir.

Bu araştırma ile farklı sulama düzeyleri etkisi altında mısırın kök gelişimi incelenmiştir. Uygulanan sulamasuyu kısıtının etkisi ile mısır kök profilinin toprak içerisinde hangi katmanlarda yoğunlaşacağı tespit edilmeye çalışılmıştır.

Materyal ve Yöntem

Deneme, 2019 yılında ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Merkezinde yüksek lisans tez projesi olarak yürütülmüştür. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Merkezi'nin kuzeyinde Dardanos Höyüğü, güneyinde ÇOMÜ Sosyal Tesisleri, doğusunda Çanakkale- Güzelyalı ulaşım yolu ve batısında Çanakkale Boğazı yer almaktadır. Denizden yüksekliği 17 m olan uygulama merkezi 400 04' 30" K, 60 21' 59" D enlem ve boylamlarında yer almaktadır. Deneme alanı altta marn ana materyali üzerinde gelişmiş, üstte çamur akıntıları ile gelen sediment üzerinde oluşmuş topraklardan oluşmaktadır. Toprak, Soil Taxonomy (1998)'e göre tipik Haploxererts, FAO (1974)'e göre EutricVertisollerdir

Farklı Sulama Düzeylerinin Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Mısırın Kök Gelişimine

(Özcan ve ark., 2004; Yüksel ve Ekinci, 2021). Deneme alanı topraklarına ilişkin bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 1.'de sunulmuştur.

Çizelge 1. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Derinlik (cm)	Bünye Sınıfı	Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	TK (mm)	SN (mm)	pH	EC (dS. m ⁻¹)	Organik Madde (%)
0-30	CL	1.36	122	69	7.7	0.177	2.29
30-60	CL	1.55	149	93	8.0	0.255	1.71
60-90	CL	1.55	144	102	8.0	0.122	0.81
90-120	CL	1.43	137	90	8.1	0.137	1.41

TK: Tarla kapasitesi, SN: Solma noktası, EC: Elektriksel iletkenlik

Çanakkale ili ve çevresinde Marmara iklimi hakimdir. Marmara iklimi, kışları Akdeniz iklimi kadar ılık yazları Karadeniz iklimi kadar yağışlı değildir. İklim özellikleri olarak Karadeniz, Akdeniz ve karasal iklim kuşakları arasında bir geçiş iklimi özelliği taşımaktadır. Buna bağlı olarak doğal bitki örtüsünü alçak kesimlerde Akdeniz kökenli bitkiler, yüksek kesimlerin kuzeye bakan yamaçlarında Karadeniz bitki topluluğu özelliğindeki nemli ormanlar görülmektedir. Çanakkale ili ve çevresine ait uzun yıllık ortalama iklim verileri Çizelge 2.'de ve 2019 yılı uygulama dönemine ait bazı iklim verileri ise Çizelge 3.'te verilmiştir (MGM. 2021).

Çizelge 2. Yılları arası Çanakkale ili ve çevresi bazı ortalama iklim verileri

	Aylar											
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XI
Sıcaklık (°C)	6.2	6.7	8.4	12.6	17.5	22.2	25.1	25.0	21.1	16.3	12.0	8.4
Nem (%)	83.2	81.0	80.7	79.3	76.9	72.1	68.5	69.7	72.7	77.7	81.5	83.4
Toplam Yağış (mm)	91.6	71.7	65.9	45.0	29.8	25.3	14.5	9.4	25.2	55.3	84.9	105.4
Mak. Rüzgâr Hızı (m/sec)	4.4	4.6	4.3	3.8	3.5	3.3	3.8	3.8	3.6	3.8	4.0	4.5
Açık Yüzey Buharlaşması (mm)	0.0	1.4		109.3	166.0	215.6	264.5	246.5	167.6	102.8	41.2	10.0

Çizelge 3. Uygulama dönemine ait bazı iklimsel veriler.

2019 yılı uygulama dönemine ait bazı iklim verileri.						
	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim
Sıcaklık (°C)	19.7	25.8	26.8	27.5	23.3	19.3
Nem (%)	64.7	58.7	51.9	52.9	54.2	67.2
Toplam Yağış (mm)	4.50	56.8	19.6	10.50	1	34.8
Mak. Rüzgâr Hızı (m/sn)	S 15,9	NNE 17,0	NNW 16,5	NNE 14,9	ENE 14,9	WNW 23,7
Açık Yüzey Buharlaşması (mm)	149,8	228,6	313,1	329,6	244,2	128,2

Tohum ekimi 23 Mayıs 2019 tarihinde ve sıra arası 70 cm, sıra üzeri yaklaşık 20 cm olacak şekilde yapılmıştır. Parsellerde çimlenme ve çıkışların düzgün olması amacı ile intaş sulaması yapılmıştır. Çıkışların tamamlanmasından sonra çapalama ve seyreltme yapılmıştır.

Deneme konuları bölünmüş parseller deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak düzenlenmiştir. Parseller 4 sıradan oluşmaktadır. Sıralar 15 m uzunluğunda ve 70 cm sıra aralığına sahiptir. Buna göre deneme alanı 3 blok ve toplam 15 parselden oluşmaktadır.

Damla sulama yönteminin uygulandığı araştırmada S1, S2, S3, S4 ve S5 olmak üzere 5 farklı sulama düzeyi bulunmaktadır. Bunlar sırası ile 90 cm'lik etkili kök derinliğinde ölçülen eksik nem

Farklı Sulama Düzeylerinin Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Mısırın Kök Gelişimine

miktarının %100, %80, %60, %40, %0'ının sulama suyu olarak uygulandığı konulardır. S1 konuları kontrol parsellerini oluşturmaktadır. Toprak nem açığı bu parsellerden alınan toprak örneklerinden gravimetrik yöntemle hesaplanarak tespit edilmiştir.

Sulama uygulamalarına mısırın toprak üstü gövde yüksekliği 30–35 cm'ye ulaştığında ve 90 cm'lik etkili kök derinliğinde toprağın kullanılabilir nem kapasitesinin %50'si tüketildiğinde başlanılmıştır. İlk sulamada tanık konu olan S1 konusunda ölçülen eksiklik tarla kapasitesine getirilmiştir. Takip eden sulamalar da 10 günlük sulama aralığında yine tanık konuda ölçülen kök derinliğinde oluşan nem eksikliği dikkate alınarak yapılmıştır.

Sulama sisteminde uygulanan sulama suyu miktarı,

$$d_n = \frac{P_w}{100} \gamma D \frac{P}{100} \dots \dots \dots 1$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikte,

P_w = S1 konusunda sulamadan bir önceki gün gravimetrik yöntemle hesaplanan toprağın kuru ağırlığın %'si cinsinden eksik nem miktarı (mm),

γ = toprak hacim ağırlığı (g/cm³),

D = S1 konusunda alınan toprak örneklerinden tespit edilen etkili kök derinliği (mm),

d_n = Toprakta derinlik cinsinden eksik nem miktarı (mm) ,

P = Islatılan alan yüzdesi (%)'dir.

Böylece her sulama düzeyi için kök gelişim performanslarına göre sulama suyu miktarları hesaplanmaktadır.

Sulama süresi,

$$T_a = \frac{1000 d_n}{q N E_a} \dots \dots \dots 2$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikte,

T_a = Sulama süresi (h),

d_n = Net sulama suyu miktarı (mm/h),

E_a = Su uygulama randımanı (%),

q = Damlatıcı debisi (L/h),

N = Damlatıcı sayısı (Adet),

Damlatıcı sayısı,

$$N = \frac{1000}{S_d S_L} \dots \dots \dots 3$$

eşitliği ile hesaplanmıştır. Eşitlikte,

N = Damlatıcı sayısı (Adet),

S_d = Damlatıcı aralığı (m),

S_L = Lateral aralığı (m),

Damlatıcı aralığı ise,

$$S_d = 0,9 \sqrt{\frac{q}{I}} \dots \dots \dots 4$$

Eşitlikte,

S_d = Damlatıcı aralığı (m),

q = damlatıcı debisi (L/h),

I = İnfiltrasyon hızı (mm/h)'dir.

Kök uzunluklarının tespiti amacı ile bozulmamış toprak örneklerinin alınmasında 8 cm çapında ve 15 cm uzunluğa kadar bozulmamış toprak örneği alabilen iki parçalı kök burgu seti kullanılmıştır. Toprağın 100 cm derinliğine kadar 10 cm uzunluğunda alınan örnekler yıkama zamanına kadar buzdolabında bekletilmiştir (Melhuish ve Lang 1969; Olivera ve ark. 2000; Kavdir ve Smucker, 2005). Bozulmamış toprak örneklerinden elde edilen köklerin tarayıcıdan geçirilerek, görüntülerinin alınmasında Epson marka Epson Perfection V700 PHOTO model scanner kullanılmıştır. Görüntüler

Farklı Sulama Düzeylerinin Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Mısırın Kök Gelişimine

kullanılarak kök ölçümlerinin yapılmasında WinRhizo Basic programı kullanılmıştır (Himmelbauer ve ark. 2003). WinRhizo Basic programı ile alınan bozulmamış toprak örneği içerisinde toplam kök uzunlukları (cm), toplam kök yüzey alanı (cm²) belirlenmiştir.

Elde edilen tüm veriler SAS 1999 programı ile istatistik analizlerine tabi tutulmuştur.

Bulgular ve Tartışma

Parsellerde ilk sulama 06.07.2019 tarihinde yapılmıştır. İlk sulamayı takip eden konulu sulamalar 10 gün aralıklarla devam ettirilerek toplam 7 sulama gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4). Koçanlarda mısır tanelerinin sertleşmeye başlaması ile sulamalara son verilmiştir.

Her sulama öncesinde konuların tamamında 90 cm'lik toprak profilinde eksik nem miktarı tespit edilmiştir (Çizelge 5). S1 konusunda tespit edilen eksik nem miktarı dikkate alınarak sulama suyu miktarı hesaplanmıştır. İlk sulamada konu özellikleri dikkate alınmaksızın tamamına, S1 konusuna hesaplanan sulama suyu miktarının tamamı olan 64 mm sulama suyu uygulanmıştır.

Buna göre S5 konusuna ekimden hemen sonra çimlenmenin sağlanması için uygulanan 30 mm intaş sulaması ve konu özellikleri dikkate alınmaksızın yapılan ilk sulamada uygulanan 64 mm sulama suyu dışında uygulama yapılmamıştır. Diğer konulara ise konu özelliklerine göre sulama suyu uygulanmıştır (Çizelge 6).

Çizelge 4. Sulama sayısı ve tarihleri

Sulama Sayısı	Tarih
İntaş Sulaması	24.05.2019
1.Sulama	06.07.2019
2.Sulama	16.07.2019
3.Sulama	26.07.2019
4.Sulama	05.08.2019
5.Sulama	15.08.2019
6.Sulama	25.08.2019
7.Sulama	04.09.2019

Çizelge 5. Sulamalar öncesi 90 cm'lik toprak derinliğinde tespit edilen eksik nem miktarları

Sulama Sayısı	TK-MN (mm)				
	S1	S2	S3	S4	S5
1.Sulama	304,69	280,69	256,69	232,69	184,69
2.Sulama	282,09	292,69	262,03	228,45	163,88
3.Sulama	313,58	280,78	390,97	248,83	142,66
4.Sulama	300,77	298,46	250,43	217,82	126,67
5.Sulama	303,64	301,17	265,89	230,54	124,63
6.Sulama	313,11	293,47	252,94	217,98	116,38
7.Sulama	308,66	321,47	251,80	241,45	109,54

TK: Tarla kapasitesi; MN: Mevcut nem

Çizelge 6. Konulara göre uygulanan sulama suyu miktarları

Sulama No (Tarih)	S1 (%100) mm	S2 (%80) mm	S3 (560) mm	S4 (%40) mm	S5 (%) mm
İntaş Sulaması	30	30	30	30	30
1.Sulama	64	64	64	64	64
2.Sulama	76	60,8	45,6	30,4	
3.Sulama	61	48,8	36,6	24,4	
4.Sulama	65	52	39	26	
5.Sulama	83	66,4	49,8	33,2	
6.Sulama	84	67,2	50,4	33,6	
7.Sulama	83	66,4	49,8	33,2	
Toplam Sulama Suyu Miktarı	546	455,6	365,2	274,8	94
Mevsimlik Bitki Su Tüketimi (mm)	754,9	671,71	585,39	519,44	341,66

Deneme süresince 10 günlük sulama aralığı ile toplam 7 sulama yapılmıştır. En fazla sulama suyu 546 mm ile eksik toprak nemimin %100'nü alan S1 konusunda uygulanmıştır. Diğer konulara S2'den başlamak üzere sırası ile 455,6 mm, 365,2 mm, 274,8 mm ve S5 konusuna 94 mm sulama suyu uygulanmıştır (Çizelge 6). Yavuz ve ark. (2012) Çanakkale koşullarında iki yıl süre ile yürüttüğü araştırmada yıllara göre 511 mm ve 494 mm sulama suyu uygulanmıştır. Çakır (2004), Kırklareli koşullarında hibrit mısır ile yürüttüğü araştırmada yine yıllara göre 525 ve 574 mm, Yazar ve ark. (2002), Güney Doğu Anadolu bölgesinde yürüttükleri araştırmada 581 mm sulama suyu uygulamıştır. Cavero ve ark. (2000), İspanya'nın yarı kurak bölgeleri için mısır için sulama suyu miktarını 505 ile 568 mm arasında olması gerektiğini belirtmektedir. Daha düşük miktarlardaki sulama suyu Karadeniz Bölgesi gibi, toplam yıllık ve vejetasyon süresince düşen yağışların çok fazla olduğu alanlar için verilmektedir (Bayrak, 1979). En yüksek mevsimlik bitki su tüketimi 754,9 mm ile S1 konusunda gerçekleşmiştir (Çizelge 6). Bunu 671,71 mm ile S2, 585,39 mm ile S3, 519,44 mm S4 ve 341,66 mm ile S5 konuları izlemiştir. Yetiştirilen bitkilerin mevsimlik su tüketimi miktarları uygulanan sulama programlarına ve sulama suyu miktarlarına bağlı olduğu kadar, araştırma konusu olan bitkinin gelişme mevsiminin (vejetasyon süresinin) uzunluğu ile de yakından ilgili olduğu ve belirtilen koşullara göre farklılıkların oluşabileceği bilinmektedir (Yavuz ve ark. 2012). Mısır bitkisi ile farklı coğrafik bölgelerde yapılan araştırmalarda, bitkinin mevsimlik su tüketimi değerinin 500-800 mm arasında değiştiği ifade edilmektedir (Doorenbos ve Kassam,1979). Çukurova koşullarında ana ürün olarak yetiştirilen mısırın ortalama mevsimlik su tüketimi değerleri 631 mm olarak saptanmıştır (Köksal, 1995).

Uygulanan sulama aralığı sabit olmakla beraber, her sulamada uygulanan sulama suyu miktarları farklı olmuştur. Sulama suyu miktarının hesaplandığı S1 konusunda ilk sulamada 64 mm uygulanırken 7. sulamada 83 mm uygulanmıştır. Bunun sıcaklık ve rüzgâr gibi su tüketimini artıran iklim olaylarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

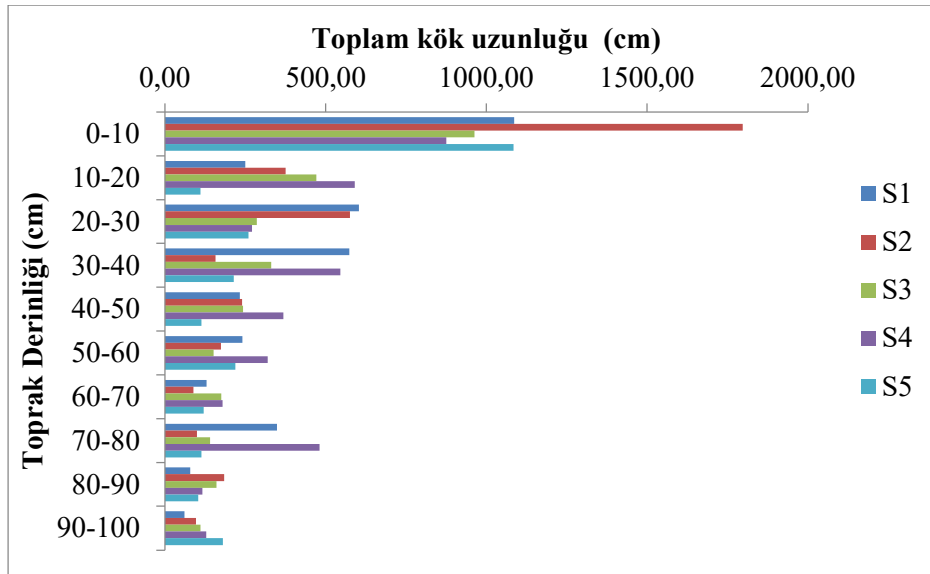
Kök ölçümleri

Sulama düzeyinin kök gelişimine ve toplam kök uzuluğuna etkisinin tespit edilmesi amacı ile kök ölçümleri hasattan hemen sonra, tek ölçüm olarak yapılmıştır. Bu amaçla toprağın 100 cm derinliğine kadar kesintisiz olarak her biri 10 cm uzunluğunda, 8 cm çapında ve 502,4 cm³ hacme sahip bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. 502,4 cm³ toprak hacmi içerisinde ölçülen kök uzunlukları cm cinsinden ve oransal olarak derinliğe göre değişimleri Çizelge 7 ve Şekil 1 ve 2'de verilmiştir.

Farklı Sulama Düzeylerinin Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Mısırın Kök Gelişimine

Çizelge 7. Kök uzunluklarının derinliğe göre değişimi

Sulama Düzeylerine Göre Bitki Kök Uzunlukları (cm)					
Derinlik (cm)	S1	S2	S3	S4	S5
0-10	1087,14	1798,05	963,24	875,84	1084,86
10-20	250,45	376,18	471,45	591,15	111,54
20-30	603,62	576,06	286,64	271,12	260,90
30-40	573,72	158,07	331,48	545,90	214,96
40-50	233,43	241,09	243,29	368,70	113,75
50-60	241,62	175,12	152,33	319,96	219,78
60-70	130,50	89,32	176,22	179,43	121,13
70-80	348,84	99,84	141,14	481,23	113,73
80-90	79,24	185,34	160,65	117,36	103,98
90-100	61,15	97,57	111,24	129,09	180,49
<i>Toplam</i>	<i>3609,73</i>	<i>3796,65</i>	<i>3037,68</i>	<i>3879,77</i>	<i>2525,11</i>



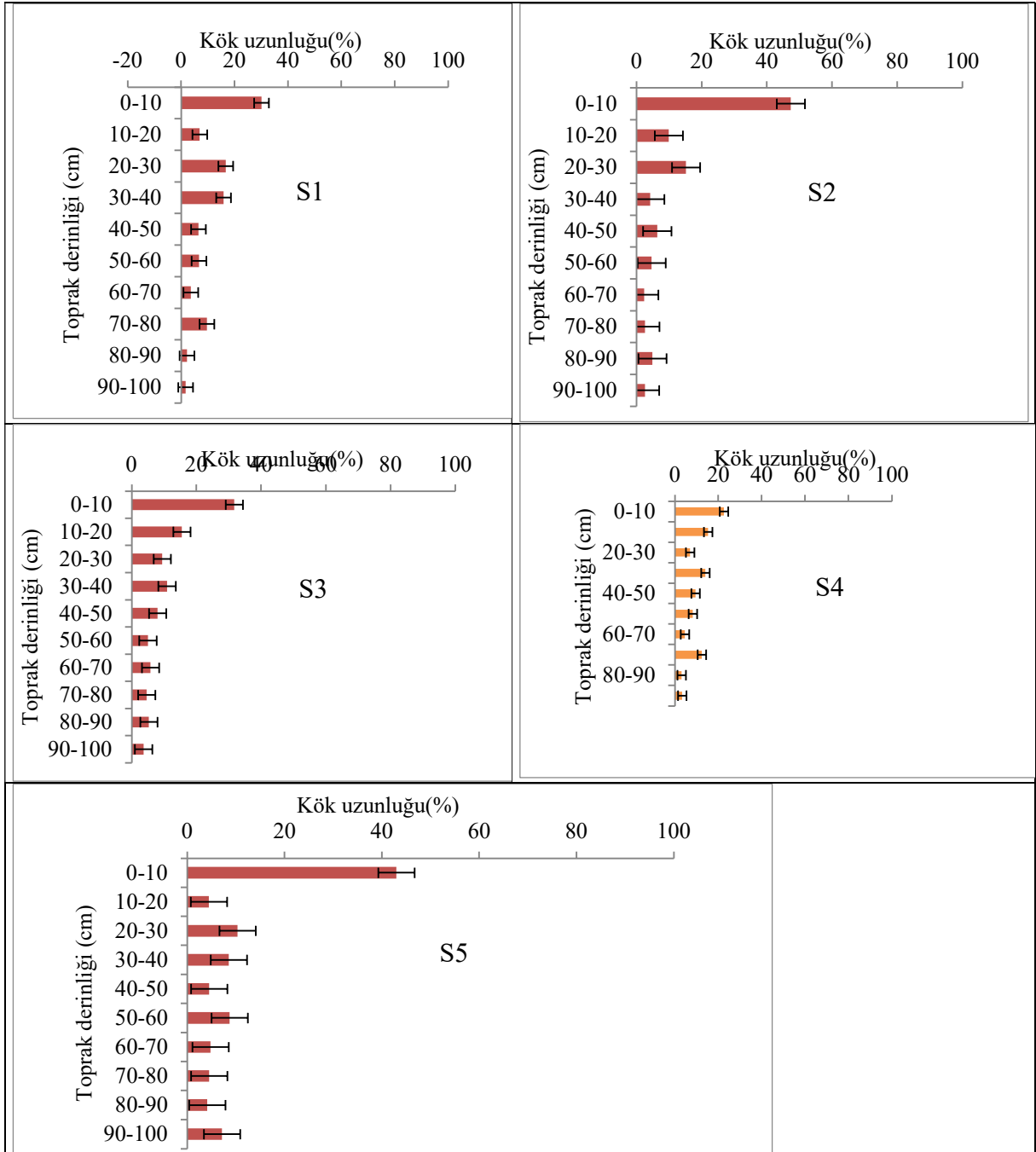
Şekil 1. Kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımı

Sulama düzeyleri ile kök uzunlukları arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuş olmakla beraber ($P=0,0762$), ölçüm yapılan 100 cm'lik kök derinliğinde en yüksek toplam kök uzunluğu 3879,77 cm ile S4 konusunda tespit edilmiştir. Bunu 3796,65 cm ile S2, 3609,73 cm ile S1, 3037,68 cm ile S3 ve 2525,11 cm ile S5 konuları izlemiştir (Çizelge 7). Wang ve ark. (2019) pamuk ile yaptıkları çalışmalarında, toprak nemini tarla kapasitesinin %90, %75 ve %60'ı düzeyinde tuttıkları koşulda en fazla kök gelişimini %75 nem düzeyinde tespit etmişlerdir. Yang ve ark. (2010) alternatif sulama yöntemi ile su kısıtının uygulandığı koşullarda mısır kök gelişiminin arttığını belirtmektedir. Sulama suyu eksikliği kök oluşumunu iki farklı şekilde etkilemiştir. Bunlardan ilki, sulama suyu eksikliği kök oluşumunu artırmıştır. Sulama suyu eksikliğinin ikinci etkisi kök uzunluğunun derinliğe göre dağılımıdır (Çizelge 7, Şekil 1, Şekil 2). Yapılan istatistiksel analizde konularda derinliğe göre kök uzunluğu dağılımı önemli bulunmuştur ($P<0,0001$). S1 ve S4 konularında, diğer konularda olduğu gibi 0-10 cm'ler arası kök uzunluğu fazla olmakla beraber, özellikle 10-90 cm'ler arasında dengeli bir dağılımın olduğu görülmektedir. Ancak diğer konularda 0-10 cm'lik diğer bir ifade ile örnek alınan ilk katmanda kök yoğunluğunun diğer katmanlara göre çok fazla olduğu görülmüştür. Özellikle S2 konusunda köklerin %47,36'sı ilk katmanda yer almaktadır. Bunu %42,96 ile S5, %31,71 S3 ve %30,12 ile de S1 takip etmektedir (Şekil2).

Machado ve ark. (2003), sulama seviyesinin bir sonucu olarak toprak profili içindeki suyun dağılımının, toprakta bitki kökleri tarafından besin maddelerinin taşınması ve alınmasının yanı sıra yatay ve dikey kök gelişiminin de etkilediğini bildirmiştir. Benzer bir bulgular Sperry ve ark. (2002), Song ve Li. (2006), Hu ve ark. (2009) tarafından bildirilmiştir. Mahgoub ve ark. (2017) kumlu topraklarda farklı sulama yöntemlerinin mısır ve börülcenin kök gelişimine etkisini araştırdıkları çalışmada kök

yoğunluğunun toprak derinliği ile ters orantılı olarak değiştiğini bildirmişlerdir. Chen ve ark. (2010), toprak derinliği arttıkça kök kütlelerinin azaldığını ve kök kütlelerinin çoğunun 0-20 cm toprak derinliğinde bulunduğunu bildirmiştir.

Toplam kök uzunluğunun toprak profili içerisinde derinliğe göre oransal dağılımı, aynı zamanda oransal olarak bitkinin su tüketimi amacı ile kullandığı derinliği de ifade etmektedir. Sulama suyunun eksik uygulandığı konularda, toplam kök uzunluğunun üst katmanlarda yoğunlaşması, bitkinin su tüketimi amacı ile kullandığı toprak derinliğini kısıtlamaktadır. Bu durumda sulama suyu gereksinimi hesaplamalarında kullandığımız ve “Bitkinin gereksinim duyduğu suyun %80’ini tükettiği derinlik” olarak ifade ettiğimiz etkili kök derinliği kavramı kısıtlı sulama yapılan alanlarda kontrollü olarak kullanılmalıdır. Yukarıda ifade edildiği gibi kök uzunluklarının ölçülmesi amacı ile hasat sonrası alınan toprak örneklerinden ölçülen kök uzunluklarına göre etkili kök derinliği konulara göre değişim göstermektedir (Çizelge8). Etkili kök derinliği S1, S4 ve S5 konularında 70 cm’de gerçekleşirken, S2 konusunda 50 cm’de, S3 konusunda ise 60 cm’de gerçekleşmiştir.



Şekil 2. Kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımı (%)

Farklı Sulama Düzeylerinin Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Mısırın Kök Gelişimine

Çizelge 8. Kök uzunluklarının oransal olarak derinliğe göre değişimi ve konulara göre etkili kök derinlikleri

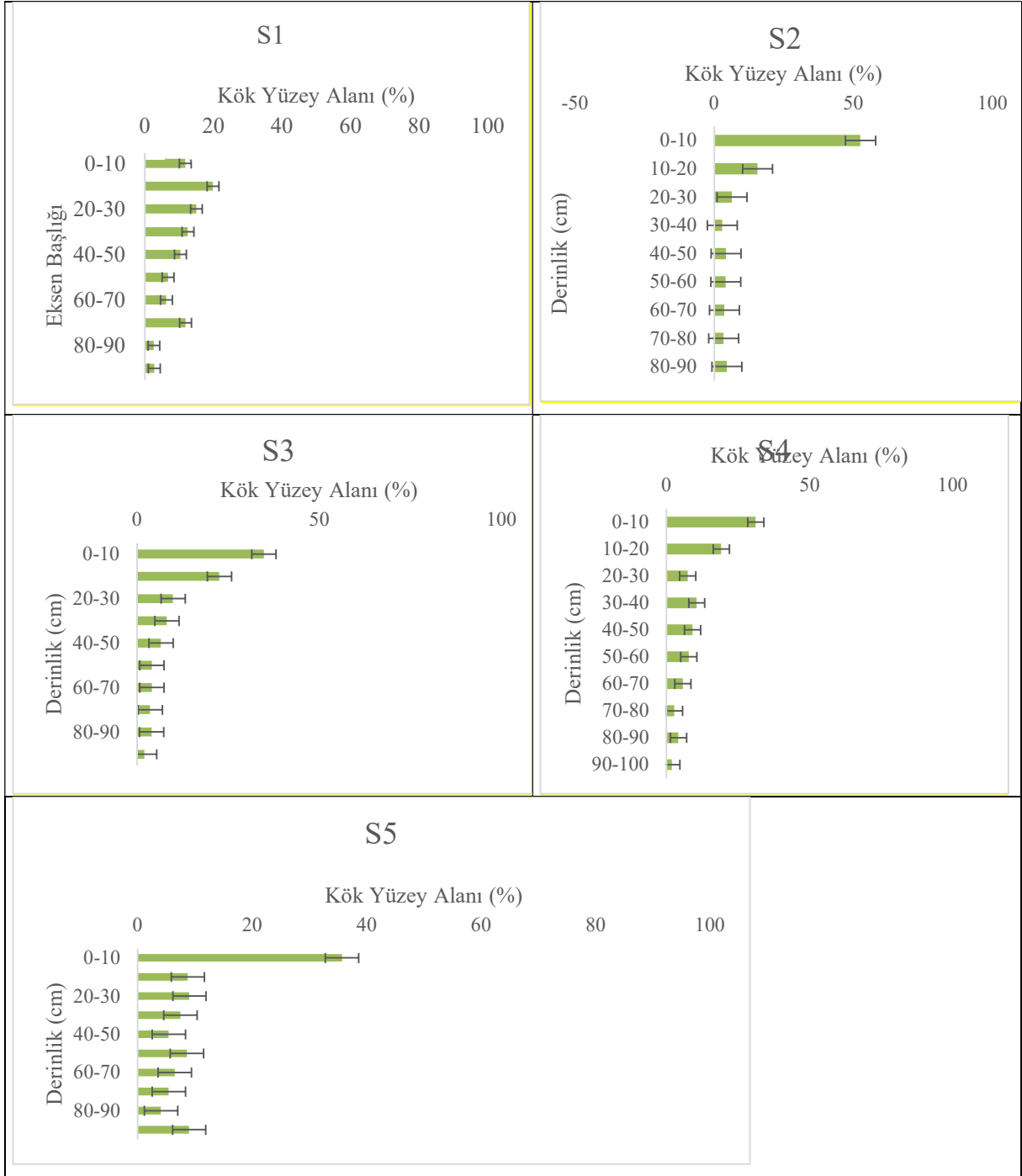
Sulama Düzeylerine Göre Kök Uzunlukları (%)*					
Derinlik (cm)	S1	S2	S3	S4	S5
0-10	30,12	47,36	31,71	22,57	42,96
10-20	6,94	9,91	15,52	15,24	4,42
20-30	16,72	15,17	9,44	6,99	10,33
30-40	15,89	4,16	10,91	14,07	8,51
40-50	6,47	6,35	8,01	9,50	4,50
50-60	6,69	4,61	5,01	8,25	8,70
60-70	3,62	2,35	5,80	4,62	4,80
70-80	9,66	2,63	4,65	12,40	4,50
80-90	2,20	4,88	5,29	3,02	4,12
90-100	1,69	2,57	3,66	3,33	7,15
<i>Toplam</i>	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00

Konularda toplam kök yüzey alanlarının derinliğe göre farkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P=0,0079$). Ayrıca konularda derinliğe göre kök yüzey alanlarının dağılımı istatistiksel olarak farklıdır ($P<0,0001$). Konularda en yüksek toplam kök yüzey alanı $187,71 \text{ cm}^2$ ile S2 konusunda ve en düşük $110,18 \text{ cm}^2$ ile S5 konularında tespit edilmiştir. S3 konusunu $167,66 \text{ cm}^2$, S4 konusunda $154,32 \text{ cm}^2$ ve S1 konusunda $149,26 \text{ cm}^2$ olarak bulunmuştur (Çizelge 9). Konu derinliğe göre incelendiğinde kök yüzey alanı ağırlıklı olarak 0-60 cm'ler arasında olduğu görülmektedir. Özellikle S2 ve S5 konularında toplam kök yüzey alanının yaklaşık %50'si'un 0-10 cm'ler arasında olduğu görülmüştür. Diğer konularda ise S1' de %29,44, S3'te %32,84, S5'te %45 ve S4 de %27,55'si bu derinlikte tespit edilmiştir (Şekil 3).

Çizelge 9. Sulama Düzeylerine Göre Ortalama Kök Yüzey Alanı ve Derinliğe Göre Oransal Dağılımı

Derinlik (cm)	Konulara Göre Kök Yüzey Alanları									
	S1		S2		S3		S4		S5	
	cm ²	%	cm ²	%	cm ²	%	cm ²	%	cm ²	%
0-10	44,09	29,54	94,79	50,50	55,06	32,84	42,51	27,55	52,99	48,10
10-20	14,75	9,88	23,96	12,76	33,71	20,11	26,02	16,86	8,15	7,40
20-30	26,04	17,45	21,18	11,29	17,51	10,45	10,02	6,49	9,64	8,75
30-40	20,01	13,41	8,00	4,26	15,77	9,41	22,74	14,74	6,74	6,12
40-50	9,59	6,43	9,96	5,31	10,48	6,25	15,40	9,98	4,08	3,70
50-60	9,26	6,21	7,69	4,10	7,22	4,31	18,79	12,18	7,62	6,92
60-70	6,13	4,11	4,31	2,30	7,04	4,20	8,01	5,19	4,58	4,16
70-80	13,75	9,21	4,71	2,51	7,23	4,31	1,53	0,99	4,08	3,70
80-90	3,13	2,10	7,69	4,10	7,69	4,59	5,46	3,54	4,63	4,20
90-100	2,51	1,68	5,42	2,89	5,95	3,55	3,83	2,48	7,67	6,96
<i>Toplam</i>	149,26	100	187,71	100	167,66	100	154,32	100	110,18	100

Sartori ve ark. (2016) soyada en yüksek kök yüzey alanını toprak nem içeriğinin %60 olduğu koşullarda ölçmüştür. Halil ve ark (2021), 2015- 2016 yıllarında mısır (Zeamays L.) bitkisi üzerinde üç farklı dikim yöntemini [geniş yatak ve karık (BBF), sığ ve dar karık (SNF) ve derin ve geniş karık (DWF)] ve dört sulama seviyesini karşılaştırmışlardır. Sonuçlar, derin ve geniş karık yönteminin SNF ve BBF ile karşılaştırıldığında kök uzunluğunu, kök hacmini, kök yüzey alanını ve kök kuru ağırlığını arttırdığını ortaya koymaktadır.



Şekil 3. Kök yüzey alanlarının derinliğe göre dağılımı (%)

Mevcut toprak neminin %50'si azaldığında yapılan sulama, dikim yöntemlerinden bağımsız olarak kök uzunluğu, kök yüzey alanı ve tane verimi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmuştur. Min ve ark. (2014), Pamuk bitkisinde toprağa verilen azot oranı arttıkça, kök yüzey alanının azaldığını belirtmişlerdir. Azotlu gübreleme yapılmayan parsellerde kök yüzey alanı, azot verilen parsellere göre %17 ila 21 daha fazla olmuştur. Chen ve ark. (2010), toprak derinliği arttıkça kök kütlelerinin azaldığını ve kök kütlelerinin çoğunun 0-20 cm toprak derinliğinde bulunduğunu bildirmiştir. Yıllar ve N-gübre uygulama oranlarının ortalaması alındığında, artan sulama seviyeleri ile domates bitkisinin toplam kök yüzey alanı, ortalama çap ve toplam kök hacmi arttığı bildirilmiştir. En fazla kök yüzey alanı ve toplam kök hacmi, daha yüksek sulama seviyelerinde ve N-gübre oranlarında elde edilmiştir (Wang ve ark. 2019). Kışlık buğdayda 75 mm kısıtlı sulama ile sulanan bitkilerde hasat sırasında 150 mm kısıtlı sulama işlemine göre 0-30 cm toprak profilinde önemli ölçüde daha yüksek kök yüzey alanı yoğunluğuna sahip bulunmuştur (Ali ve ark. 2019).

SONUÇ

Deneme konuları 7 kez sulanmış ve S1'den başlamak üzere sırası ile 46 mm, 455,6 mm, 365,2 mm, 274,8 mm ve 94 mm sulama suyu uygulanmıştır. Konularda gerçekleşen mevsimlik bitki su tüketimi aynı sıra ile 754,9 mm, 671,71 m, 585,39 mm, 519,44 mm ve 341,66 mm olmuştur. Sulama düzeylerinin toplam kök uzunlukları arasındaki fark istatistiki olarak önemsiz bulunmuş olmakla beraber ($P=0,0762$), eksik su alan konularda ölçülen toplam kök uzunluğu daha fazladır. En yüksek toplam kök uzunluğu 3879,77 cm ile S4 ve en düşük 2525,11 cm ile S5 konularında tespit edilmiştir. Konularda toplam kök yüzey alanlarının derinliğe göre farkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P=0,0079$). Ayrıca konularda derinliğe göre kök yüzey alanlarının dağılımı istatistiksel olarak farklı bulunmuştur ($P<0,0001$). Konularda en yüksek toplam kök yüzey alanı 187,71 cm² ile S2 ve en düşük 110,18cm² ile S5 konularında tespit edilmiştir. Su kısıtı, konularda üst katmanlarda oluşan kök miktarının artmasına neden olmuştur. Bu da yine 0-30 cm gibi toprağın üst kamanlarında ölçülen kök yüzey alanını artırmıştır.

Teşekkür

Bu araştırma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırmalar Projeleri Araştırma Koordinasyon Birimince FYL-2019-2944 kodlu proje olarak desteklenmiştir.

Not: Bu çalışma birinci yazarın yüksek lisans tezinin bir bölümüdür.

Kaynakça

- Adiku, S.G.K, Ozier-Lafontaine, H., Bajazet, T., 2001. Patterns of root growth and water uptake of a maize-cowpea mixture grown under green house conditions. *Plant and Soil* **235**: 85–94.
- Ali, S., Xu, Y., Ma, X., Ahmad, I., Jia, Q., Akmal, M., ... & Jia, Z., 2019. Deficit irrigation strategies to improve winter wheat productivity and regulating root growth under different planting patterns. *Agricultural Water Management*, *219*, 1-11.
- Anderson, E.L., 1987. Corn root growth and distribution as influenced by tillage and nitrogen fertilization. *Agron. J.*, *79*, 544–549.
- Asbjornsen, H., Mora, G., Helmers, M.J., 2007. Variation in water uptake dynamics among contrasting agricultural and native plant communities in the Midwestern U.S. *Agriculture, Ecosystems & Environment* Volume 121, Issue 4, August 2007, Pages 343-356.
- Bayrak F., 1979. Bafra Ovası Koşullarında Mısır Su Tüketimi, Toprak Araştırma Enstitüsü, Yayın Genel No: 15, Rapor Seri No: 13, Samsun, Pp: 30.
- Cavero, J., Farre, I., Debake, P., Faci, J., Playan, E., 2000. Simulation of maize yield under water stress with EPIC phase and CROPWAT in a semi arid climate. *Agron J.* *92*, 679-690.
- Çakır, R., 2004. Effect of Water Stress at Different Development Stages on Vegetative and Reproductive Growth of Corn. *Field Crops Research*, *89* (1): 1-16.
- Chen, W., Hou, Z., Wu, L., Liang, Y., & Wei, C., 2010. Effects of salinity and nitrogen on cotton growth in arid environment. *Plant and soil*, *326*(1), 61-73.
- Dahlman, R.C., Kucera, C.L., 1965. Root productivity and turnover in native prairie. *Ecology* *46*, 84–89.
- Dehqani, M., Emamzadei, M.N., Shahnazari, A. Gheisari, M., 2019. The Effect of Furrow Irrigation Management on Termination of Corn Root Growth. *Iranian Journal of Soil and Water Research*. Volume 50, ISSUE 5, page 1255-1264.
- Doorenbos J., Kassam A.H., 1979. Yield Response to Water, FAO Irr. And Drain. Paper No:33, Rome, Italy. Pp: 193.
- Feng, Q., Si, J., Li, J., Xi, H., 2008. Feature of root distribution of *Populus euphratica* and its water uptake model in extreme arid region. *Adv. Earth Sci.* *23*, 765–772.
- Halli, H. M., Angadi, S., Kumar, A., Govindasamy, P., Madar, R., El-Ansary, D. O., Elansary, H. O., 2021. Influence of Planting and Irrigation Levels as Physical Methods on Maize Root Morphological Traits, Grain Yield and Water Productivity in Semi-Arid Region. *Agronomy*, *11*(2), 294.
- Himmelbauer, M. L., Loiskandl, W., Kastanek, F., 2004. Estimating length, average diameter and surface area of root using two different image analysis systems. *Plant and Soil* *260*: 111–120.
- Hu, T., Kang, S., Li, F., Zhang, J., 2009. Effects of partial root-zone irrigation on the nitrogen absorption and utilization of maize. *Agricultural Water Management* *96*(2): 208-214.
- Jackson, R.B., Canadell, J., Ehleringer, J.R., Mooney, H.A., Sala, O.E., Schulze, E.D., 1996. A global analysis of root distributions for terrestrial biomes. *Oecologia* *108*, 389–411.
- Kavdir, Y., & Smucker, A. J., 2005. Soil aggregate sequestration of cover crop root and shoot-derived nitrogen. *Plant and soil*, *272*(1), 263-276.
- Khan, M.B.; Rafiq, R.; Hussain, M.; Farooq, M.; Jabran, K., 2012. Ridge sowing improves root system, phosphorus uptake, growth and yield of maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Measurements*, *22*, 309–317.
- Klepper, B., 1990. Root growth and water uptake. *Irrigation of agricultural crops*, Ed: Stewart, B.A., Neilsen, D.R. Madison, Wisconsin USA, Pp: 281–321.
- Köksal H., 1995. Çukurova Koşullarında II. Ürün Mısır Bitkisi Su–Üretim Fonksiyonları ve Farklı Büyüme Modellerinin Yöreye Uygunluğunun Saptanması Üzerine Bir Araştırma, (Doktora Tezi) Ç.Ü. Fen. Bil. Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana, Pp: 199.
- Machado, R.M.A., Oliveira, M.R.G., 2003. Comparison of tomato root distributions by and destructive sampling. *Plant and Soil* *255*: pp.375-385.
- Mahgoub, N.A., Ibrahim, A.M., Ali, M.O., 2017. Effect of different irrigation systems on root growth of maize and cowpea plants in sandy soil. *Eurasian J Soil Sci* (4) 374 – 37.

- Materechera, S.A.; Mloza-Banda, H.R., 1997. Soil penetration resistance, root growth and yield of maize as influenced by tillage system on ridges in Malawi. *Soil Tillage Res.*, 41, 13–24.
- Mehrabi, F., Sepaskhah, A.R., Ahmadi, S.H., 2021. Winter wheat root distribution with irrigation, planting methods, and nitrogen application. *NutrCyclAgroecosyst* (2021) 119:231–245.
- MGM., 2021. Çanakkale İli ve çevresi uzun yıllık iklim ortalamaları. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=CANAKKALE>
- Min, W., Guo, H., Zhou, G., Zhang, W., Ma, L., Ye, J., Hou, Z., 2014. Root distribution and growth of cotton as affected by drip irrigation with saline water. *FieldCropsResearch*, 169, 1-10.
- Mitchell, W.H.; Sparks, D.L., 1982. Influence of subsurface irrigation and organic additions on top and root growth of fieldcorn. *Agron. J.*, 74, 1084–10818.
- Oliveira MRG, vanNoordwijk M, Gaze SR, Brouwer G, Bona S, Mosca G, Hairiah K., 2000. Augersampling, ingrowth cores and pinboard methods. In: Smit AL, Bengough AG, Engels C, vanNoordwijk M, Pellerin S, van de Geijn SC (eds) *Root Methods: A Handbook*. Springer, Berlin, p 587.
- Özcan H., Ekinci H., Yüksel O., Kavdır Y., Kaptan H., 2004. Dardanos Yerleşkesi toprakları, ÇOMÜ Ziraat Fakültesi yayınları, No: 39. Çanakkale, 63s.
- Sartori, G.M.S., De David, E.M.R., FernandoTeixeiraNicoloso, F.T., Schorr, M.R.W., AlbertoCargneluttiFilho, A.C., 2016. GabrielDonato, G., Growth and development of soybean roots according to planting management systems and irrigation in low land areas. *CiênciaRural*, Santa Maria, v.46, n.9, p.1572-1578, set.
- Song, H.X., Li, S.X., 2006. Root function in nutrient uptake and soil water effect on NO₃⁻-N and NH₄⁺-N migration. *Agricultural Sciences in China*5(5): 377-383.
- Sperry, J.S., Stiller, V., Hacke, U.G., 2002. Soil water uptake and water transport through root systems. In: *Plant Roots: The Hidden Half*. Waisel, Y., Eshel, A., Kafkafi, U. (Eds.). 3rd Edition, MarcelDekkerInc. New York, USA. pp. 1008-1040.
- Statistical Analysis System (SAS), 1987. SAS V 8.2. SAS Institute Inc., Cary, NC 27513-2414, USA.
- Wang, P., Song, X., Han, D., Zhang, Y., Liu, X., 2010. A study of root water uptake of crops indicated by hydrogen and oxygen stable isotopes: A case in Shanxi Province, China. *Agricultural Water Management* 97 (2010) 475–482.
- Yang, C.H., Chai, Q., Huang, G.B., 2010. Root distribution and yield responses of wheat/maize intercropping to alternate irrigation in the arid areas of northwest China. *Plant, Soil and Environment*. 56, 2010 (6): 253–262.
- Yavuz, M.Y., Çakır, R., Kavdır, Y., Bahar, E., Deveciler, M., 2009. Tekil Lateral Tekniği ile Uygulanan Farklı Su Düzeylerinin Mısır Bitkisinin Verimi ve Kök Dağılımı Üzerine Etkileri. I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş 27-29.
- Yavuz, M.Y., Çakır, R., Kavdır, Y., Deveciler, M., Bahar, E., 2012. Irrigation water management for sprinkler irrigated corn using rooting data obtained by the minirhizotron technique. *Int. J. Agric. Biol.*, 14: 11–19.
- Yazar, A., Sezen, S., Gencel, B., 2002. Drip irrigation of corn in the Southeast Anatolia Project (GAP) area in Turkey. *Irrig-Drain*. 51, 293-300.
- Yüksel, A., Ekinci, H., 2021. Çanakkale Koşullarında Andezitlerde Toprak Oluşumu. *Lapseki Meslek Yüksek Okulu Uygulamalı Araştırmalar Dergisi*. Cilt 2, Sayı 3, 103 – 115.
- Wang, X., Yun, J., Shi, P., Li, Z., Li, P., Xing, Y. 2019. Root growth, fruit yield and water use efficiency of greenhouse grown tomato under different irrigation regimes and nitrogen levels. *Journal of Plant Growth Regulation*, 38(2), 400-415.
- WIESLER, F., Horst, W.J., 1994. Root growth of maize cultivars under field conditions as studied by the core and method and relationships to shoot growth, *Zeitschrift für Pflanzenernährung und Bodenkunde*. 157: 5, 351-358.