FARKLI SULAMA REJİMLERİNDE SIRT-KARIK MİKRO HAVZA YAĞMURSUYU HASADI TEKNİĞİNİN ÇEMEN BİTKİSİ SU KULLANIMINA VE ÜRETİMİNE ETKİLERİ

Dilek GÜNANA
Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği, Anabilim Dalı
Ali ÜNLÜKARA
Erciyes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü

ÖZET

Giderek artan kuraklıklar ve yağış düzensizliklerine karşı tarımda uygulanan tedbirlerden birisi de yağmursuyu hasadır. Yarı kurak Kayseri koşullarında çemen bitkisinin (*Trigonella foenum-graecum* var. Çiftçi) plastik örtülü sırt-karık yağmursuyu hasadı tekniği altında tepkisini belirlemek amacıyla 2024 yılında bir deneme yürütülmüştür. Tesadüf Blokları desenine göre 3 tekerrürlü olarak planlanan denemede geleneksel tarım (GT) ve plastik örtülü sırt-karık yağmur suyu hasadı tekniği (SH) ana konuları oluştururken farklı sulama rejimleri (S_0, S_{50}, S_{75} ve S_{100}) alt konuları oluşturmuştur. Buna göre denemede toplam 8 konu (G_0, G_{50}, G_{75}, G_{100}, SH_0, SH_{50}, SH_{75} ve SH_{100}) yer almıştır. SH tekniği tesviye eğrilerine paralel 50 cm sırt ve 50 cm karık genişliği olacak şekilde tasarlanmıştır. Çalışmanın sonucuna göre 8 konu için bitki boyu 7.6-20.9 cm, bitki dal sayısı 1.3-2.4 adet, bakla sayısı 2.8-6.8 adet/bitki, bitki başına tohum sayısı 19.7-46.9 adet, bitki tohum verimi 0.31-0.82 g/bitki, tohum verimi 20.7-54.6 kg/da ve bin tane ağırlığı 13.3-16.5 g arasında değişiklik göstermiştir. Plastik örtülü-sırt ve karık mikro havza yağmur suyu hasadı tekniği bin tane ağırlığı ve ana dal sayısı dışında tüm parametrelerde önemli artış meydana getirmiştir. Suluma oranlarının artışıyla tüm parametrelerde önemli artışlar gözlenmiştir. G_0 konusuna göre G_{100} konusunda tohum veriminde %125 ve SH_{100} konusunda ise %164 artış sağlanmıştır. Geleneksel tarımda çemen bitkisinin Ky= 0.80 verim tepki faktörüyle su stresine toleranslı olduğu saptanmıştır. Yağmur suyu hasadı altında bu tolerans daha da iyileşmiş ve verim tepki faktörü Ky= 0.59 belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Çemen, Yağmursuyu Hasadı, Bitki Büyümesi, Su Üretkenliği

EFFECT OF PLASTIC COVERED-RIDGE AND FURROW MICROCATCHMENT RAINWATER HARVESTING ON FENUGREEK PRODUCTION AND WATER USE UNDER DIFFERENT IRRIGATION REGIMES

ABSTRACT

One of the measures applied in agriculture against increasing droughts and irregular rainfall is rainwater harvesting. In 2024, an experiment was conducted to determine the response of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* var. Çiftçi) under the plastic-covered ridge-furrow rainwater harvesting technique in the semi-arid conditions of Kayseri. The experiment was designed as a randomized block design with three replications, where traditional agriculture

(TA) and the plastic-covered ridge-furrow rainwater harvesting technique (RH) were the main subjects. At the same time, different irrigation regimes (S_0, S_{50}, S_{75}, and S_{100}) constituted the sub-treatments. Accordingly, a total of eight treatments (G_0, G_{50}, G_{75}, G_{100}, SH_0, SH_{50}, SH_{75}, and SH_{100}) were included in the experiment. The RH technique was designed with 50 cm plastic covered ridges and 50 cm furrows on the contour lines. 50According to the results, for the eight treatments, plant height ranged from 7.6 to 20.9 cm, the number of branches per plant varied between 1.3 and 2.4, the number of pods per plant ranged from 2.8 to 6.8, the number of seeds per plant varied between 19.7 and 46.9, seed yield per plant ranged from 0.31 to 0.82 g, seed yield per hectare was between 207 and 546 kg, and thousand-seed weight varied from 13.3 to 16.5 g. The plastic-covered ridge-furrow micro-catchment rainwater harvesting technique significantly increased all parameters except for thousand-seed weight and the number of primary branches. Significant increases were observed in all parameters with increasing irrigation levels. Compared to the G_0 treatment, seed yield increased by 125% in the G_{100} treatment and 164% in the SH_{100} treatment. Fenugreek was found tolerant against water stress with Ky= 0.80 yield response factor in the conventional farming. This yield response factor improved under the plastic-covered ridge and furrow micro catchment rainwater harvesting technique with Ky= 0.59.

Keywords: Fenugreek, Rainwater harvesting, Plant growth, Water productivity

Giriş

Çemen bitkisi tarımı, dünyada Hindistan, Fas, Mısır, Cezayir, Türkiye, İtalya, İspanya, Fransa ve Yunanistan gibi ülkelerde yapılmakla beraber, ülkemizde de Karaman, Konya, Kayseri, Çankırı, Ankara, Gaziantep, Kahramanmaraş, Afyon, Şanlıurfa ve Hatay gibi illerde yetiştirilmektedir. Ülkemizde 2014 yılı çemen üretim miktarı 218 ton, ekim alanı 1.979 da ve 2013 yılı ihracat miktarı ise 67 ton ve değeri 106.000 dolar şeklinde gerçekleşmiştir. Türkiye'de ekim alanları ilerleyen yıllara göre artış göstermiştir. 2010 yılında 1.651 da ekim yapılırken 2019 verilenine göre 6.035 da ekim yapılmıştır. En çok 2017 yılında ekim gerçekleştirilmiş olup 14.296 da ekim yapılmıştır. Üretim miktarı 10 yılda ortalama 514.6 ton civarında gözlenmiştir. Aynı şekilde en yüksek üretim 2017 yılında sağlanmıştır. Verime bakıldığında ise 10 yılda ortalama dekar başına 112.7 kg ürün elde edilmiştir. En yüksek verim 2011 yılında 134 kg/da saptanmıştır. Kayseri koşullarında en yüksek verim 2019 yılında 123 kg/da olmuştur (TÜİK ,2020).

Dünyada ve Türkiye'de su kaynakları tarımsal sulamalarda en fazla oranda kullanıldığından su tasarrufu sağlanması için bu sektörde su kaynaklarının etkin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Basınçlı sulama sistemleri su kayıplarını azalttığı için önem arz etmektedir (Yazar vd., 2002). Kurak şartlara iyi dayanan ancak aşırı yağıştan olumsuz etkilenen çemen bitkisi de, kurak yıllarda yapılan az miktardaki sulamalarla fazla ürün verdiği bilinmektedir. Yaklaşık 78 milyon hektar yüzölçümüne sahip olan ülkemizde tarım arazisi varlığı yaklaşık 28.05, çayır-mera 21.5, orman ve funda 23.23 milyon hektardır (Yıldız ve Özbay, 2009). Türkiye'nin mevcut su potansiyeli ile teknik ve ekonomik olarak toplam sulanabilir arazi miktarı 8.5 milyon ha olup bu alanın 7.1 milyon hektarı sulamaya açılmıştır (DSİ, 2022). DSİ verilerine göre Türkiye'nin toplam tarım alanı varlığı ise 24 milyon hektardır. Buna göre su kaynaklarımızla teknik ve ekonomik olarak sulanabilir alanların tamamı sulamaya açıldığında geriye 15.5 milyon ha alanda yağışa dayalı kuru tarım yapılma zorunluluğu bulunmaktadır. Yağışa dayalı kuru tarım alanlarında çemen üretiminin ve diğer bitkisel üretimin artırılabilmesi için yağmur suyunun etkili bir şekilde toprakta depolanması, buharlaşmanın azaltılarak bitki kullanımına sunulması önem arz etmektedir. Tüm bunların yapılmasında su hasadı tekniklerinin kullanımı ön plana çıkmaktadır. Farklı su hasadı teknikleri bulunmakta ve su hasadının farklı tanımları yapılmaktadır. Bu tanımların ortak noktası; su ihtiyaçlarının karşılanması için yağmur sularının bir yerde herhangi bir biçimde kullanılmak üzere toplanmasıdır. Toplanan su, ya doğrudan kullanım için korunur ya da azalan yer altı suyuna takviye edilir. Yağmur suyunun havza yüzeyinden planlı toplanarak depolanması, ya da azalan yüzey akışla yağışın konsantrasyonu ve faydalı kullanımlar için depolanması (Oweis vd., 2001) şeklinde su hasadı tanımları yapılmakta olup, doğal veya insan yapımı havza yüzeyinden akışa geçen suyun toplanması, konsantrasyonu ve depolanması (IRC,1992) şeklinde de tanımlar bulunmaktadır. Çatılardan, toprak yüzeylerinden veya yağış havzalarından çok basit teknikler kullanarak suyun toplanmasına su hasadı denir. Dünyada yağmur suyu hasadının pek çok değişik teknik ve isimleri bulunmaktadır. Son yıllarda en çok rağbet gören iki su hasadı tekniği bulunmaktadır (Örs vd., 2011). Plastik örtü altında sırt-karık mikro havza yağmur suyu hasadı tekniği yağışın az olduğu yerlerde daha çok tercih edilmektedir. Önce ekim yapılan alana eş yükselti eğrilerine paralel sırt ve karık şekli verilir. Daha sonra sırtlar siyah plastik örtülerle kaplanır. Sırtlar üzerine düşen yağmur suyu, sırt eğimi ve plastik örtü yardımıyla karıklarda bitki kök bölgesinde depolanır. Sistemin avantajı kolay, ucuz, tekrarlanabilir ve uyarlanabilir olmasıdır (Li vd., 2001; Ünlükara vd., 2016; Ünlükara vd., 2021; Cebeci vd., 2017; Yıldırım vd., 2022). Dünyanın kurak

ve yarı kurak bölgelerinde yapılan pek çok çalışmada, mikro havza su hasadının özellikle sırt-karık metodu ile bitkisel üretimde ve ağaç gelişiminde verimi pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir (Vashistha vd., 1980; Lal, 1986; Gupta, 1995; Örs vd., 2011). Bu sistem bitki verimini artırdığı gibi tesviye eğrilerine paralel sırtları ve yüzey akışını ve erozyonu azaltmaktadır. Yağmur suyunun hasat edilmesi yer altı sularına ve su kaynaklarına ihtiyacı azaltmaktadır. Bu sayede sulu tarım alanlarında tuzluluk ve drenaj problemlerine neden olmaz.

Bu çalışmada plastik örtülü sırt ve karık yağmursuyu hasat tekniğinin geleneksel tarıma göre çemen bitkisi yetiştiriciliğinde sulu ve yağışa dayalı tarımda verim, verim unsurları, su stresine toleransı ve su kullanımı üzerine olan etkilerinin saptanması amaçlanmıştır.

Çemen bitkisi hem tohumları hem de vejetatif aksamı farklı amaçlar için kullanılmaktadır. Çemen tohumları öğütüldükten sonra kırmızıbiber, burçak unu ve dövülen sarımsakla karıştırılarak kızıl renkli bir macun elde edilir ve pastırma imalatının başlıca ham maddesidir. Sucuk yapımında da kullanılmaktadır. Ayrıca sofralarda garnitür olarak ve baharat olaraktan kullanılmaktadır. Gıda sanayisinde alkolsüz içeceklerde, şekerlemelerde, çeşni ürünleri, şurup ve şekerli sosların karışımında yer almaktadır. Bitkinin yan ürünleri özüt ve oleorezin ise alkollü içeceklerde, jelatin, pudingler, çikletler, şekerli kremalarda ve turşularda kullanılır. Ayrıca çemen tohumları kozmetik ürünlerin boyanmasında ve afrodizyak olarak kullanılmaktadır. Kozmetik sanayinde çemen yağı saç preparatlarında kullanılmaktadır. Çemen tohumları pamuk tohumları ile karıştırılarak hayvanlarda süt artırıcı yem olarak kullanılmaktadır. Çemen tümörlerde, akciğer hastalıklarında, astım ve nefes darlığında tedavi edici özelliği bulunmaktadır. Ek olarak Konya'da şeker hastalığına karşı kullanılmaktadır (Beyzi vd.,2010). Çemen tohumun çok keskin bir kokusu vardır. Bileşeninde %6.5 oranında sabit yağ ve 32.3 oranında müsilaj karakterli polisakkarit karışımı bulunur (Tuğrul ve Özer,1984). Tohumlarında; %0.02 uçucu yağ, %27 protein, %7-10 ham yağ, azotlu bileşiklerden tirgonellin, kolin, fitin, nikotinmit, sterol, flavonit, lesitin, feougraesin, acılık bileşenleri, saponin, kumarin vb. içerir (Akgül, 1993). Ahari vd. (2009) tarafında İran'da 20 çemen popülasyonu ile yaptıkları çalışmada bitkileri kuraklık şartlarında ve kuraklık stresi olmayan şartlarda yetiştirmişlerdir. Çemen popülasyonlarının verim, kuru biyokütle, kuraklığa tolerans ve duyarlılık açısından farklı sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Arivalagan vd. (2013) çemen yağının hazımda çok etkili olduğunu belirttikten sonra 46 çemen genotipinde saponin ve sabit yağ içeriğini incelemişlerdir. Kuru ağırlık bazında saponin ve sabit yağın 0.92-1.68 g ve 3.25-6.88 g/100 g arasında değiştiğini saptamışlardır. Çemen bitkisinin hem baklagil yem verimi bakımından hem de

tohum verimi bakımından çevre şartları ile genotip etkileşimlerinin değişim gösterdiği bildirilmiştir (Basu vd. 2009). Azot bağlayan 3 bakteri inokülasyonu ve 2 farklı toprak neminde sulamanın çemen üzerine etkisini konu edinen bir çalışmada toprak nem tutma kapasitesi %60 olduğunda ve No 333 Rhizobium bakteri aşılamasıyla iyi sonuçlar elde edildiği saptanmıştır (Atanasova vd. 2014). Obour vd. (2015) farklı ekim tarihlerinin çemen yeşil ot verimine ve kalitesine etkisi araştırdıkları çalışmalarında çemenin yoncaya benzer yem kalitesine sahip olduğunu belirtmişlerdir. Yem kaba protein, asit deterjan fiber (ADF), nötr deterjan fiber (NDF), toplam sindirilebilir besin (TDN) konsantrasyonları ve nispi besin değerinin (RFV) çeşitler arasında önemli derecede değişmediğini, besin değeri açısından karşılaştırılabilir olduğunu belirtmişlerdir. Hindistan'da normal şartlarda ve su stresi şartlarında 10 çemen genotipi tohum kalitesi parametrelerine göre değerlendirildiği çalışmada su stresinin toplam yağ, saponin ve diosgenini artırdığı bulunmuştur. Su stresi tüm genotiplerde ham protein ve toplam karbonhidratı azaltmıştır (Ghosaliye vd. 2021). İyi bitki gelişimi için çemen, ekstrem sıcaklıkların yaşanmadığı serin iklimleri sevmektedir. Yüksek adaptasyona sahip olan çemen 2000 m rakıma kadar hem tropik hem de ılıman iklimlerde yetiştirilebilmektedir. Bitki düşük-orta yağışlı alanlarda yetiştirilebiliyor ancak yoğun yağışlara dayanamamaktadır. Sürekli nem ve bulutlu havalar zararlılar, otlar ve hastalıklara davetiye çıkartmaktadır. Kasuri tipi çemen çeşitleri daha uzun süreli soğuk havaları tercih etmektedir. Bu şekilde Hindistan'ın güney bölgelerine göre kuzey bölgelerinde daha başarılı olarak boylanmaktadır. Çemen iyi drenaj yapılarına sahip neredeyse tüm toprak tiplerinde yetişebilmekte ancak iyi drenajlı tınlı topraklarda en iyi gelişimi göstermektedir. Organik maddece zengin killi tınlı topraklar çemen yetiştiriciliği için kullanılabilir fakat kumlu ve çakıllı topraklarda en iyi şekilde gelişmezler. Çemen pH= 8.4'e kadar toleranslıdır ancak pH= 6.5-7.5 arası nötr topraklarda daha iyi yaprak kalitesiyle yüksek verim verir (Lal vd., 2014). Çemen birincil olarak sulanan bir bitkidir, hızlı gelişimi için sık aralıklarla hafif sulamalar ister fakat bazı bölgelerde kuru tarım şartlarında yetiştirilebilir. Genelde toprak yeterli neme sahip olduğunda ekilirler. Bu şekilde 2-4 gerçek yaprağa kadar sulama yapılmaz. Buna karşın, ekim zamanı toprak yeteri kadar nemli değilse ekimden hemen sonra hafif bir sulama yapılmalı, hızlı ve homojen çimlenmeyi kolaylaştırmak için 3.gün hafif sulama bunu takip etmelidir. Sonraki sulamalar toprak tipi, mevsim, yağış ve diğer geçici hava koşullarına bağlı olarak 12-15 gün aralıklarla uygulanmalıdır. Sadece tohum amaçlı bitki yetiştiriciliğinde erken gelişme dönemi ve tohum bağlama dönemi sulama için kritik dönemlerdir. Herhangi bir dönemde ve herhangi bir biçimde aşırı nemin kök çürüklüğü

ve külleme hastalıklarını artırmasından dolayı çok aşırı sulama nem kıtlığı kadar zararlıdır. Normalde hafif topraklarda 6-7 sulama ve ağır topraklarda 4-5 kez sulamaya gerek duyulur (Lal vd., 2014).

MATERYAL VE YÖNTEM

Deneme Alanı Hakkında Genel Bilgiler ve Bitki Materyali

Araştırma, Kayseri'de Erciyes Üniversitesi Tarımsal Araştırma Ve uygulama Merkezi (ERÜTAM) Yıldırım Beyazıt deneme alanında 1 yıl süre ile yürütülmüştür. Deneme alanı 38°18' kuzey enlemi ve 34° 56′ doğu boylamı üzerinde yer almaktadır ve ortalama yüksekliği 1094 metredir. Çalışmada Kuzeybatı Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından 2017 yılında tescil edilmiş olan Çiftçi çemen çeşidi kullanılmıştır.

Karasal iklime sahip olan Kayseri ilinde yazları kurak ve sıcak, kışları yağışlı ve soğuk geçmektedir. Araştırma alanı uzun yıllar ve deneme yılına (2024) ait iklim verileri Çizelge 1'de verilmiştir. Uzun yıllar ortalamasında 389 mm yağış düşerken 2024 yılında ortalama 211.5 mm yağış düşmüştür.

Çizelge 2.1. Kayseri ilinde uzun yıllar iklim verileri ortalamaları ve referans evapotranspirasyon.

	Uzun Yıllar Ortalaması												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Yıllık
RH_{ort} (%)	76.6	74.0	68.3	62.3	61.2	55.8	49.5	49.2	54.1	63.6	71.7	77.1	66.6
U_2 (m/s)	1.1	1.3	1.6	1.7	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0	1.0	1.1	1.3
Yağış (mm)	35.2	36.5	41.8	52.1	51.8	39.5	10.5	8.8	15.0	28.0	32.4	37.4	389
T_{ort} (˚C)	-1.7	0.1	4.7	10.6	15.0	19.0	22.2	22.0	17.3	11.8	5.5	0.6	10.6
T_{max} (˚C)	4.1	6.1	11.4	17.7	22.5	26.8	30.6	30.7	26.5	20.4	13.0	6.4	18.0
T_{min} (˚C)	-6.9	-5.2	-1.4	3.1	6.8	9.7	11.9	11.4	7.3	3.5	-0.9	-4.5	2.9
ET_0 (mm/gün)	0.94	1.56	2.76	4.06	4.54	5.04	5.53	4.65	4.09	2.97	1.80	1.25	3.3

T_{ort}: Ortalama sıcaklık, T_{max}: Maksimum sıcaklık, T_{min}: Minimum sıcaklık, RH_{max}: Maksimum nispi nem, RH_{min}: Minimum nispi nem, U_2: 2 m yükseklikteki rüzgar hızı, Rs: Global solar radyasyon, n: Güneşlenme süresi, ET_0: Referans evapotranspirasyon.

Denemede, toplam 8 konu bulunmaktadır. Bunların dördü geleneksel tarım uygulamasında (G_{100}, G_{75}, G_{50}, G_0) geriye kalan dördü ise su hasadı tekniğinde (SH_{100}, SH_{75}, SH_{50}, SH_0) yetiştirilmiştir. Sulama konuları için sulama suyu, alanda bulunan derin kuyudan temin edilmiştir. Tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulan denemede toplam 24 parsel kullanılmıştır. Her bir parselin boyutu 2×4 m olacak şekilde düzenlenmiştir. Sırt-karık mikro havza su hasadı tekniğinde sırtlar ve karıklar 50 cm olan bir tasarım kullanılmıştır. Yaklaşık 15 cm yükseklikteki sırtlar morötesi radyasyona dayanıklı 0.1 mm kalınlığında ve 70 cm genişliğinde plastik malç örtü ile kapatılmıştır. Sırtlardan akışa geçen ve

karıklarda infiltre olan suyun yüzey akışla uzaklaşmaması için sırt-karık sistemi tesviye eğrilerine paralel yerleştirilmiştir (Şekil 1). Su hasadı tekniğinde her karıkta iki bitki sırası ve sıra arası karıklarda 40 cm, sırtlar arasında 60 cm ve ortalama 50 cm olup geleneksel tarımda 50 cm olan sırasına eşitlenmiştir. Her çift bitki sırasına yani 1 m ara ile 16 mm çapında bir lateral ve her parsel başında 32 mm çapında bir manifold olacak şekilde damla sulama sistemleri döşenmiştir.



Şekil 2.1. Denemede kullanılan plastik örtülü sırt ve karık mikro havza yağmursuyu hasat tekniği.

Sulama Suyu Miktarının Saptanması ve Bitki Su Tüketimi

Bitkinin etkili kök derinliği 60 cm olarak alınmıştır. Toprak nemi gravimetrik olarak takip edilmiş ve 60 cm etkili kök derinliğinde toplam kullanılabilir nemin %50'si tüketilmeden hemen önce sulamalar yapılmıştır. Sulamalarda parsele uygulanacak su miktarının hesaplanmasında aşağıda verilen eşitlik kullanılmıştır (James, 1988; Keller ve Bliesner, 1990; Ünlükara ve Katırcı, 2018; Ünlükara, 2021):

$$I = (\theta fc - \theta i) \, . \, D. \, A. \, P$$

Eşitlikte; I: Her bir parsele uygulanacak sulama suyu miktarı (lt), θfc: Toprağın tarla kapasitesi hacimsel nem içeriği (cm^3/cm^3), θi: Toprağın sulama öncesi hacimsel nem içeriği (cm^3/cm^3), D: Bitki etkili kök derinliği (mm), A: Parsel alanı (m^2), P: Damla sulama altında ıslatılan alan yüzdesidir.

Islatılan alan yüzdesi deneme başında alanda yapılan ölçümler sonucu %100 belirlenmiştir (Keller ve Bliesner, 1990). Parsele uygulanacak su miktarı belirlendikten sonra kullanılan damlatıcının debi basınç ilişkisinden sulama süresi hesaplanmış 1 bar işletme basıncı altında parsellere uygulanmıştır.

Bitki Su Tüketimi

Gelişme dönemi boyunca bitki su tüketimi su bütçesi yöntemine göre aşağıda verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (James, 1988):

$$ET = I + P \pm \Delta S - d_p$$

Eşitlikte; ET: Bitki evapotranspirasyonu (mm), I: parsellere uygulanan sulama suyu miktarı (mm), P: Etkili yağış (mm), ΔS: Ekim ve hasat toprak depo nem farkı (mm), d_p: Kök bölgesi altına sızan su miktarıdır (mm).

Denemede tohum ekiminde, çiçeklenmede ve hasatta 90 cm derinliğe kadar 60-90 cm toprak katmanındaki nem saptanarak derine sızmalar tahmin edilmiştir. Deneme alanına düşen yağış miktarı ve diğer meteorolojik veriler Erciyes Üniversitesi Araştırma Uygulama Merkezi (ERÜTAM) kampüs arazisinde kurulu Meteoroloji 7.Bölge Müdürlüğüne ait meteoroloji istasyonundan temin edilmiştir.

Referans evapotranspirasyon FAO 56 Penman-Monteith yöntemine göre hesaplanmıştır (Allen ve ark., 1998):

$$ET_o = \frac{0.408\Delta(Rn-G)+\gamma\frac{900}{T+273}u2(es-ea)}{\Delta+\gamma(1+0.34u2)}$$

Eşitlikte; ET_o: Referans evapotranspirasyon (mm/gün), Rn: Bitki yüzeyindeki net radyasyon (MJ/m^2/gün), G: Toprak ısı akı yoğunluğu (MJ/m^2/gün), T: 2 m yükseklikteki günlük ortalama sıcaklık (ºC), u_2: 2 metredeki rüzgâr hızı (m/s), e_s: Doygun buhar basıncı (kPa), e_a: Gerçek buhar basıncı (kPa), e_s-e_a: Doygun buhar basıncı açığı (kPa), Δ: Buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa/ºC), γ: Psikometrik sabit (kPa/ºC).

Verim Tepki Faktörü, Su Kullanım Etkinliği ve Sulama Suyu Kullanım Etkinliği

Tüketilen her bir m^3 su ile elde edilen ürün (Y) için su kullanım etkinliği (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) aşağıda verilen eşitlikler yardımıyla belirlenmiştir (Howell ve ark., 1992):

$$IWUE = \frac{Y}{I}, \quad WUE = \frac{Y}{ET}$$

Eşitlikte; Y: Verim (kg/ha), I: Uygulanan sulama suyu miktarı (m^3/ha), ET: Bitki su tüketimi (m^3/ha).

Bitki su tüketimindeki nispi azalma ile verimdeki nispi azalma arasındaki ilişki verim tepki faktörü (K_y) ile ifade edilmektedir. Gelişme dönemi boyunca verim tepki faktörü aşağıda yer alan ilişkiden elde edilmiştir (Doorenbos and Kassam, 1986):

$$1 - \frac{Ya}{Ym} = K_y \,.\, (\, 1 - \frac{ETa}{ETm}\,)$$

Eşitlikte; Y_m: Su stresi yaşamayan kontrol konusundan elde edilen verim (kg/ha), Y_a: Su stresi yaşayan konulardan elde edilen verim (kg/ha), ET_m: Kontrol konusu bitki su tüketimi (mm), ET_a: Su stresi konuları bitki su tüketimi (mm), K_y: Verim tepki faktörüdür.

Bitki Gelişimi ve Verime İlişkin Parametreler

Her bir parsel kenarlarındaki ilk sıra bitki kenar tesiri olarak ayrılmış ve ortadaki 8 sıra bitki üzerinden gözlemler ve hasat yapılmıştır. Tüm sulama konularında yer alan her bir hasat parselinde olmak üzere rastgele seçilen 10 bitki üzerinden ölçümler yapılmıştır. Bu ölçümler, bitki boyu, dal sayısı, bakla sayısı, bitki başına tohum sayısı, bitki tohum verimi, tohum verimi ve bin tane ağırlığı şeklindedir. Çalışma sonucunda elde edilen veriler IBM SPSS 22.0 istatistik paket programı kullanılarak değerlendirilmiştir. Varyans analizi sonucunda aralarındaki farkın önemli bulunduğu sonuçların yanına Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi grupları küçük harflerle belirtilmiştir. Excel programıyla incelenen parametreler arasındaki ilişkiler regresyon ve korelasyon analizine tabi tutulmuştur.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Sulama Suyu Miktarı, Bitki Su Tüketimi ve Referans Evapotranspirasyon

2024 yılında yapılan bu çalışmada yetiştirme dönemi boyunca bitki su tüketiminde etkili olan iklimsel parametreler ile referans evapotranspirasyon değerleri Çizelge 3.1'de, bitki su tüketimi bileşenleri olan yağış, sulama ve toprak depo nem farkına ilişkin sonuçlar ise Çizelge 3.2'de verilmiştir. Bitki su tüketimi üzerinde atmosferin buharlaşma etkisini gösteren ve solar radyasyon, sıcaklık, hava nemi ve rüzgar hızı parametreleri ile hesaplanan referans evapotranspirasyon toplamı Nisan-Ağustos dönemi için 744 mm olarak hesaplanmıştır. Aynı dönem için uzun yıllar ortalaması olan 729 mm değerinden bir miktar yüksek bulunmuştur.

Çizelge 3.1. Deneme yılı meteorolojik veriler ve referans evapotranspirasyon

	Yağış (mm)	T_{max} (°C)	T_{min} (°C)	T_{ort} (°C)	RH_{mak} (%)	RH_{min} (%)	n (saat/gün)	U_2 (m/s)	ET_0 (mm/gün)
Nisan	17.1	20.1	7.8	13.3	76.9	34.8	9.8	1.71	4.05
Mayıs	67.3	17	7.7	12.3	84.9	44.7	9.8	1.69	3.70
Haziran	14.1	28.0	13.5	20.9	67.8	26.2	11.9	1.53	5.34
Temmuz	23.7	26.9	14.7	20.8	70.4	31.2	11.2	1.73	5.79
Ağustos	8.5	28.6	14.9	21.8	61.1	25.8	10.5	1.52	5.43

T_{ort}: Ortalama sıcaklık, T_{max}: Maksimum sıcaklık, T_{min}: Minimum sıcaklık, RH_{max}: Maksimum nispi nem, RH_{min}: Minimum nispi nem, U_2:2 m yükseklikteki rüzgar hızı, n: Güneşlenme süresi, ET_0: Referans evapotranspirasyon.

Çalışma sonucunda bitki su tüketimi G_{100}, G_{75}, G_{50}, G_0 konularında sırasıyla 360.6, 287.0, 213.6 ve 66.8 mm olarak gerçekleşirken SH_{100}, SH_{75}, SH_{50}, SH_0 konularında 330.6, 253.0, 204.5 ve

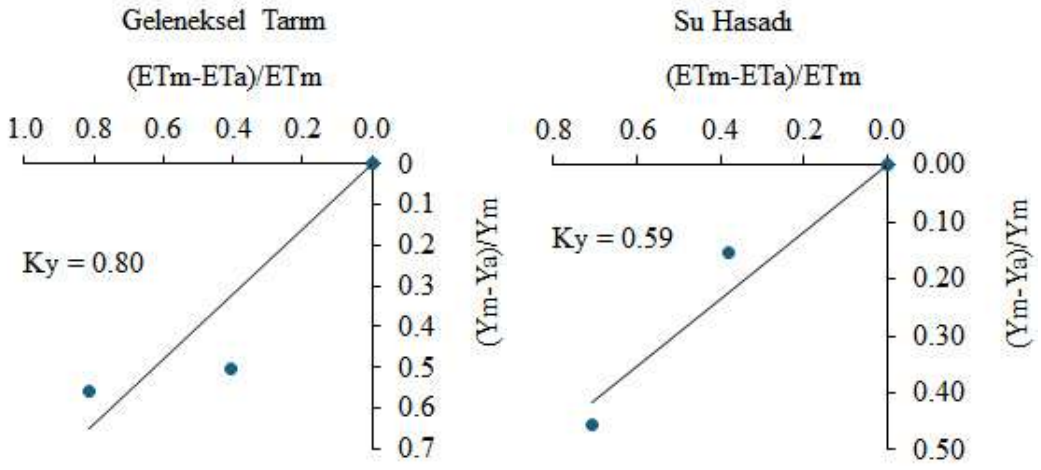
96.0 mm olarak gerçekleşmiştir. Buna göre sulama miktarları artıkça bitki su tüketiminin arttığı görülmektedir.

Çizelge 3.2. Çemen bitkisinin farklı sulama rejimleri altında su tüketimi ve su tüketimi unsurları

Konular	P (mm)	I (mm)	ΔS (mm)	ET (mm)
G_0	110.2	0.0	-43.4	66.8
G_{50}	110.2	121.5	-18.1	213.6
G_{75}	110.2	182.3	-5.3	287.0
G_{100}	110.2	243.1	7.5	360.6
SH_0	110.2	0.0	-14	96.2
SH_{50}	110.2	127.2	-32.9	204.5
SH_{75}	110.2	190.8	-33.4	253.0
SH_{100}	110.2	254.4	-33.9	330.6

Verim Tepki Faktörü ve Su Kullanım Etkinliği

Yağmur suyu hasadı ve geleneksel tarım uygulamalarında yetiştirilen çemen bitkisinin tohum verimi için oransal bitki su tüketimi ve oransal verim kaybı ilişkisi Şekil 3.2'de gösterilmiştir. Söz konusu ilişkiye göre geleneksel tarım için Ky= 0.80 ve su hasadı tekniği için Ky= 0.59 saptanmıştır. Bu değer evapotranspirasyonda meydana gelecek bir birim azalmanın geleneksel tarım için verimde 0.80 birimlik azalmaya su hasadı içinse verimde 0.59 azalmaya neden olacağı anlamına gelmektedir. Buna göre su hasadı tekniği altında çemen bitkisinin su stresine karşı daha fazla tolerans gösterdiği anlaşılmıştır.



Şekil 3.2 Geleneksel Tarım ve Su hasadı tekniği için oransal bitki su tüketimi ve oransal verim kaybı ilişkisi

Bitki sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ve su kullanım etkinliği (WUE) sonuçları ile bitki gelişimi ve verimine ilişkin sonuçlar Çizelge 3.4'te özet şekilde verilmiştir. Varyans Analizine göre önemli bulunan sonuçların yanına Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi gruplandırmaları küçük harfler ile belirtilmiştir (Çizelge 3.4).

Çizelge 3.4 Çemen Bitkisinin su kullanımı, gelişimi ve verim parametreleri

		S_0	S_{50}	S_{75}	S_{100}	Ortalama
IWUE (kg/m^3)	G. Tarım	-	0.191	0.197	0.193	**0.194 b**
	Su hasadı	-	0.364	0.252	0.215	**0.277 a**
	Ortalama	-	**0.277 a**	**0.225 ab**	**0.204 b**	0.235
WUE (kg/m^3)	G. Tarım	0.309	0.109	0.126	0.130	**0.168 b**
	Su hasadı	0.308	0.226	0.190	0.165	**0.222 a**
	Ortalama	**0.309 a**	**0.167 b**	**0.158 b**	**0.148 b**	0.195
Bitki boyu (cm)	G. Tarım	7.6 d	14.9 c	14.6 c	19.8 a	**14.2 b**
	Su hasadı	17.7 b	19.0 ab	18.7 ab	20.9 a	**19.1 a**
	Ortalama	**12.7 c**	**17.0 b**	**16.6 b**	**20.3 a**	16.7
Dal sayısı (adet/bitki)	G. Tarım	1.3	1.5	1.9	2.3	**1.7**
	Su hasadı	1.4	1.8	1.9	2.4	**1.9**
	Ortalama	**1.3 c**	**1.6 bc**	**1.9 b**	**2.3 a**	1.8
Bakla sayısı (adet/bitki)	G. Tarım	2.8	4.8	4.8	5.9	**4.6 b**
	Su hasadı	4.2	6.3	6.5	6.8	**5.9 a**
	Ortalama	**3.5 b**	**5.6 a**	**5.7 a**	**6.3 a**	5.3
Tohum sayısı (adet/bitki)	G. Tarım	19.7	23.6	27.7	39.4	**27.6 b**
	Su hasadı	29.7	43.0	43.1	46.9	**40.7 a**
	Ortalama	**24.7 c**	**33.3 b**	**35.4 b**	**43.2 a**	34.1
Bitki tohum Verimi (g/bitki)	G. Tarım	0.31	0.35	0.54	0. 70	0.48 b
	Su hasadı	0.44	0.69	0.72	0.82	0.67 a
	Ortalama	**0.38 c**	**0.52 bc**	**0.63 ab**	**0.76 a**	0.57
Tohum verimi (kg/da)	G. Tarım	20.7	23.2	36.0	46.9	**31.7 b**
	Su hasadı	29.7	46.2	48.1	54.6	**44.7 a**
	Ortalama	**25.2 c**	**34.7 bc**	**42.1 ab**	**50.8 a**	38.2
Bin tane ağırlığı (g)	G. Tarım	13.3	11.7	17.0	16.3	**14.6**
	Su hasadı	15.0	15.0	17.0	16.5	**15.8**
	Ortalama	**14.6 bc**	**13.0 c**	**17.0 a**	**16.4 ab**	15.3

IWUE üzerine sulama oranlarının etkisi ve tarım tekniğinin etkisi önemli bulunmasına karşılık tarım tekniği × sulama rejimi etkileşimi önemli bulunmamıştır. GT için IWUE= 0.194 kg/m^3 ve SH için 0.277 kg/m^3 belirlenmiştir. Dolayısıyla IWUE üzerinde yağmur suyu hasat tekniği %43'lük bir iyileşme sağlamıştır. Uygulanan sulama suyunun artışıyla birlikte IWUE 0.277 kg/m^3 düzeyinden 0.204 kg/m^3 düzeyine doğru hafifçe azalmıştır. Benzer sonuçlar WUE içinde söz konusu olup en yüksek WUE sulama yapılmayan S_0 konusunda 0.309 kg/m^3 saptanmış ve WUE üzerinde SH yaklaşık %32 iyileşme sağlamıştır.

Bitki Boyu ve Dal Sayısı

Çalışma sonucunda elde edilen bitki boyu değerlerine ait sonuçlar Çizelge 3.4'te verilmiştir. Bitki boyundaki değişim üzerine tarım tekniği konuları, sulama oranları ve tarım tekniği × sulama oranları etkileşimi $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Tarım tekniği konuları arasında en düşük bitki boyu geleneksel tarımda (GT) 14.2 cm ve en yüksek bitki boyu plastik örtülü sırt ve karık yağmursuyu hasadı (SH) konusunda 19.1 cm bulunmuştur. Çemen bitkisi SH tekniği altında daha iyi gelişmiş ve GT konusuna göre bitki boyunda artışa neden olmuştur. Farklı sulama oranlarına göre çemen bitkisi su stresi altında bitki boyunda düşüşler gözlenmiştir. En yüksek bitki boyu tam sulama uygulamasında (S_{100}) 20.3 cm iken en düşük bitki boyu ise sulanmayan S_0 konusunda 12.7 cm saptanmıştır. S_{50} ve S_{75} konularında sırasıyla 17.0 ve 16.6 cm olarak belirlenen bitki boyları aynı istatistik grupta yer almıştır. Su hasadı konularında artan su stresiyle birlikte çemen bitkisi boyu SH_{100} konusunda 20.9 cm değerinden SH_0 konusunda 17.7 cm değerine doğru hafif bir şekilde düşüş gösterirken GT konularında en yüksek bitki boyu G_{100} konusunda 19.8 cm değerinden G_0 konusunda 7.6 cm değerine doğru şiddetli bir düşüş sergilemiştir. Deneme bölgesinde düşen yağışlara bağlı olarak yetişen SH_0 konusunda 17.7 cm olan bitki boyu G_0 konusunda 7.6 cm değerine düşmesi dikkat çekmektedir. Diğer yapılan çalışmalara göre Uğur (2016) tarafından çemen bitkisi bitki boyunu 63.16-67.13 cm, Geçer (2024) tarafından 49.9-76.4 cm, Öz (2014) tarafından 15.9-71.2 cm, Gökçe (2015) tarafından 29.8- 48.9 cm ve Ceylan (2022) tarafından 31.23-61.33 cm bulunmuştur. Çalışmada bitki boyunun daha düşük çıkması ekimin diğer çalışmalara göre daha geç yapılmasına bağlıdır. Çalışma sonucunda elde edilen dal sayısına ait sonuçlar Çizelge 3.4'te verilmiştir. Bitki dal sayısı üzerine yalnızca sulama oranlarının etkisi ise $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. En düşük dal sayısı S_0 konusunda 1.3 adet ve en yüksek S_{100} konusunda 2.3 adet gözlenmiştir. Sulama oranlarının artmasıyla birlikte bitki dal sayısı artmıştır. Diğer çalışmalara göre çemen bitkisi dal sayısı Uğur (2016) tarafından 3.32-4.33 adet/bitki, Geçer (2024) tarafından 1.8-3.2 adet/bitki, Öz (2014) tarafından 0.7- 2.9 adet/bitki, Gökçe (2015) tarafından 2.7-7 adet/bitki, Ceylan (2022) tarafından 2.04-5.26 adet/bitki, Özdemir (2023) tarafından 2.16-3.39 adet/bitki, Çamlıca (2022) tarafından kuru koşullarda 2.00-4.10 ve sulu koşullarda 2.36-4.10 adet/bitki şeklinde gözlenmiştir. Diğer çalışmalara bakıldığında Kayseri koşullarında yetiştirilen çemen bitkisi dal sayıları benzer çıkmıştır.

Bitki Bakla Sayısı, Tohum Sayısı ve Bitki Tohum Verimi

Bitki bakla sayısı, tohum sayısı ve bitki tohum verimine ilişkin veriler Çizelge 3.4'te verilmiştir. Bitki bakla sayısı üzerine yalnızca tarım tekniği ve sulama oranlarının etkisi $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. SH konularında bitki başına en yüksek 5.9 adet ve GT konularında ise 4.6 adet bakla alınmıştır. Su hasadı bakla sayısında önemli artışlar sağlamıştır. Sulama oranlarına göre ise en az bakla sayısı S_0 konusunda 3.5 adetten en yüksek S_{100} konusunda 6.3 adede yükselmiştir. Dolayısıyla bakla sayısı artan sulama miktarıyla önemli derecede artmıştır.

Çemen bitkisi tohum sayısı değişimi üzerine tarım tekniği konuları ve sulama oranlarının etkisi $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmasına karşılık tarım tekniği × sulama etkileşimine göre önemli düzeyde değişim meydana gelmemiştir. Tarım tekniği konuları arasında en düşük tohum sayısı GT uygulamasında 27.6 adet/bitki ve en yüksek ise SH uygulamasında 40.7 adet/bitki belirlenmiştir. Plastik örtülü sırt-karık yağmur suyu hasat tekniği bitki başına tohum sayısını %47.5 artırmıştır. Farklı sulama oranlarına göre en düşük tohum sayısı hiç sulama yapılmayan S_0 konusunda 24.7 adet ve en yüksek ise tam sulama (S_{100}) konusunda 43.2 adet/bitki olarak gözlenmiştir.

Çalışmada bitki tohum verimine ait sonuçlar Çizelge 3.4'te verilmiştir. Bitki tohum verimi tarım tekniği konuları ve sulama oranlarından $p<0.01$ düzeyinde önemli derecede etkilenmiş ancak tarım tekniği × sulama oranları etkileşimi önemli bir farklılık oluşturmamıştır. Tarım tekniği konuları arasında en düşük bitki tohum verimi geleneksel tarımda (GT) 0.48 g/bitki ve en yüksek ise su hasadı (SH) tekniğinde 0.67 g/bitki saptanmıştır. Su hasadı bitki tohum verimini ortalama %40 iyileştirmiştir. Farklı sulama oranları arasında en düşük bitki tohum verimi sulama yapılmayan (S_0) konusunda bitki başına 0.38 g ve en yüksek bitki tohum verimi tam sulama (S_{100}) uygulamasında bitki başına 0.76 g belirlenmiştir. Tam sulama uygulaması bitki tohum veriminde ortalama %100 artış sağlamıştır. Her iki tarım tekniği altında bitki tohum verimi artan su stresiyle birlikte düşmüştür. Bu konuda yapılmış diğer çalışmalara bakıldığında bitki tohum verimi şöyle değişmiştir. Öz (2014) tarafından 0.9-5.1 g/bitki, Gökçe (2015) tarafından 2.9-6.6 g/bitki olarak belirlenmiştir. Çemen bitkisi kışlık ekimde daha yüksek bitki tohum verimi yapmaktadır. Buna göre Kayseri koşullarında yazlık ekim yapılan çemen bitki tohum verimi daha düşük değerler ortaya koymuştur.

Tohum Verimi

Çalışma birim alandan elde edilen tohum verimine ait sonuçlar Çizelge 3.4'te verilmiştir. Tarım tekniği konuları ve sulama oranları tohum verimi üzerine $p<0.01$ düzeyinde önemli derecede

etkili bulunmuştur. Tarım tekniği × sulama oranları etkileşimi tohum veriminde önemli bir değişim meydana getirmemiştir. En düşük tohum verimi geleneksel tarımda (GT) 31.7 kg/da ve en yüksek sırt-karık yağmursuyu hasadı tekniğinde (SH) 44.7 kg/da bulunmuştur. Yağmursuyu hasadı çemen bitkisi verimini %41 artırmıştır. Farklı sulama oranlarında en düşük tohum verimi sulama yapılmayan (S_0) uygulamasında 25.2 kg/da ve en yüksek tam sulamada (S_{100}) 50.8 kg/da belirlenmiştir. Tam sulama uygulaması çemen bitkisi tohum verimini %101 artırmıştır. Her iki tarım tekniği altında artan su stresiyle birlikte tohum verimi azalmıştır. Diğer çalışmalara göre tohum verimi Uğur (2016) tarafından 76.66-94.87 kg/da, Geçer (2024) tarafından 69-213.4 kg/da, Öz (2014) tarafından 54.3-177.1 kg/da, Gökçe (2015) tarafından 84.1-151.4 kg/da, Ceylan (2022) tarafından 55.64-111.85 kg/da, Özdemir- .(2023) tarafından 53.31-87.76 kg/da, Çamlıca (2022) tarafından 2019 yılında sulu koşullarda 37.74-142.02 kg/da kuru koşularda ise 31.14-141.37 kg/da, 2020 yılında sulu koşullarda 41.13-103.83 kg/da kuru koşullarda ise 38.55-107.17 kg/da olarak gözlenmiştir. Çalışmalara göre yüksek değerler genellikle kışlık ekimlerde gözlenmiştir. Kayseri koşullarında yetiştirtilen çemen bitkisi ekimi geç yapıldığından verim değerleri düşük çıkmıştır.

Bin Tane Ağırlığı

Çalışma sonucunda elde edilen bin tane ağırlığına ait sonuçlar Çizelge 3.4'te verilmiştir. Ortalama bin tane ağırlığı 15.3 g olarak belirlenmiştir. Bin tane ağırlığı üzerine yalnızca sulama oranlarının etkisi $p<0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. En düşük S_0 konusunda 14.6 g olan bin tane ağırlığı en yüksek S_{75} konusunda 17.0 g saptanmıştır. Artan sulama oranlarıyla bin tane ağırlığında önemli artış gözlenmiştir. Diğer çalışmalara bakıldığında Öz (2014) tarafından 11.9-21.3 g, Gökçe (2015) tarafından 17.5-20.4 g, Ceylan (2022) tarafından sulu tarım koşullarında yetişilen çemen bitkisinin bin tane ağırlığı 11.70-18.40 g, Özdemir (2023) tarafından 10.21-14.14 g ve Çamlıca (2022) tarafından 7.90-20.72 g değerleri gözlenmiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuçlar

Plastik örtülü-sırt ve karık yağmursuyu hasat tekniği bitki boyu, bakla sayısı, tohum sayısı, tohum verimi, su kullanım etkinliği ve sulama suyu kullanım etkinliğinde önemli artışlar sağlamıştır. Geleneksel kuru tarım konusuna göre yağmur suyu hasadı kuru tarım konusunda verim artışı %43 iken tam sulanan yağmur suyu hasadı konusunda %163 olmuştur. Dolayısıyla hem kuru tarım koşullarında hem de sulanan koşullarda söz konusu yağmursuyu hasat tekniği

çemen tarımında önemli yararlar sağlamıştır. Bu tekniğin kullanılmasıyla kurak şartlarda çemen bitkisinin su stresine karşı bitkinin daha yüksek oranda tolerans gösterdiği belirlenmiştir.

Artan sulama miktarlarıyla birlikte su kullanım etkinliği dışında çemen bitkisinin büyüme ve verim özelliklerinin tamamında önemli artışlar elde edilmiştir. Su kullanım etkinliği artan sulama suyu miktarına paralel olarak küçük oranlarda azalmıştır. Tam sulama çemen bitkisi tohum verimini %100 artırmıştır.

Öneriler

Plastik örtü-sırt ve karık mikro havza yağmur suyu hasadı tekniği çemen bitkisi kalitesi ve verimi üzerine etkili olmuştur. Bitkinin su kullanım etkinliği ve kuraklığa karşı toleransını iyileştirmesi nedeniyle kullanılması önerilmektedir. Sulama uygulamalarıyla da çemen bitkisi verim ve kalitesi artmıştır. Geleneksel kuru tarım koşulları veya yağışa dayalı tarımda çemenden çok düşük verim alınması nedeniyle bu bitkinin sulu koşullarda yetiştirilmesi yararlı olacaktır.

Teşekkür

Bu proje Erciyes Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından 13581 nolu proje ile desteklenmiştir. Üniversitemiz BAP Birimine, yönetici ve personellerine şükranlarımızı arz ederiz.

KAYNAKÇA

Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M (1998). Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No.56, Rome

Bashır, A.H., 2022. Somali'de Uygulanan Su Hasadı Teknikleri: Mevcut Durum, Sorunlar ve Öneriler. Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Bursa, 59 s.

Cebeci İ., Başkan O., Mücevher O., Köşker Y., Cebel H., Demirkıran O., Öztürk Ö., Gönülal E., 2017. Yarı Kurak Alanlarda Mikro Havza Su Hasadı Uygulamalarının Toprak Nemine Etkilerinin Belirlenmesi, Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Toprak Su Dergisi, Ankara, 1-10 s.

Ceylan, E., 2022. Sulu Koşullarda Yetiştirilen farklı Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) Genotiplerinin Tarımsal Performanslarının Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 53 s.

Çamlıca, M., 2022. Sulu ve Kuru Koşullarında Çemen (trigonella foenum-graecum L.) Genotiplerinin Verim ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi, Bolu, 209 s.

Doorenbos J, Kassam AH (1986). Yield Response to Water. Rome, Italy: FAO.

DSİ, 2018. http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari, Erişim tarihi: 16.11.2022

Evett, S.R., Lascano. R.J., Sojka. R.E., 2007. Soil water and monitoring technology. In: Irrigation of Agricultural Crops. ASA-CSSA-SSSA Agronomy Monograph No. 30, Madison, Wisconcin.

Beyzi, E., İlbaş, A.İ., Gürbüz, B., 2010. Çemen bitkisi (Tirgonella foenum-graecum L.) Genel özellikleri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Endüstrisi Dergisi 26(4):316-322.

Akgül, A., 1993 Baharat Bilim ve Teknolojisi, Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları No.15 ANKARA.

Ahari, D.S., Kashi, A.K., Hassandokht, M.R., Amri, A., Alizadeh, K., 2009. Assessment of drought tolerance in Iranian fenugreek landraces. Science and technology, 7 (3 and 4): 414-419.

Arivalagan, M., Gangopadhyay, K.K., Kumar, G., 2013. Determination of Steroidal Saponins and Fixed Oil Content in Fenugreek (Trigonella foenum-graecum) Genotypes. Indian Journal of Pharmaceutical Sciences, 110-113.

Atanasovai, E., Perfanova, I., Donkova, R., 2014. Growing of fenugreek (Trigonella foenum-graceum L.) , 9th International Soil Science Congress, 14-16 October, Side, Antalia/Turkey, pp 255-260.

Ghosaliye, B.K., Mittal, G.K., Shivran, A.C., Sharma, S.K., Saxena, S.N., Jain, S.K., 2021. Water Stress Induced Changes in Seed quality of Fenugreek (Trigonella foenum-graecum L.) Genotypes. Legume Research- An International Journal, 1-7.

Geçer, G..2024. Bazı Çemen (*Tigonella foenum-graecum* L.) Genotiplerinin Tarımsal Performanslarının Belirlenmesi. Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Tokat, 64 s.

Gökçe, Z., 2015. Kahramanmaraş Koşullarında Ekim Zamanlarının Çemende (*Trigonella foenum-graecum* L.) Verim ve Kalite Üzerine Etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş, 55 s.

Gupta, G.N., 1995. Rainwater management for tree planting in the Indian Desert. Journal of Arid Environments, 31: 219–235 s.

Howell, T.A., Cuenca, R.H., Solomon, K.H., 1992. Crop yield response. In: Hoffman GJ, Howell TA, Solomon KH (editors). Management of Farm Irrigation System. St. Joseph, MI, USA: ASAE, pp. 95 122.James, L.G., 1988. Principles of farm irrigation system design. Singapore: John Wiley and Sons, Singapore.

Keller, J., Bliesner, R.D., 1990. Sprinkle and Trickle Irrigation, The Blackburn Press, New Jersey, USA, 1990.

Koyuncu, Z., 2024. Su Hasadı Tekniğinin Sakız Ağacı (*Pistacia lentiscus var. chia Duham*.) Fidanlarının Tutunma Oranına Ve Büyüme Performanslarına Etkisi. İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, İzmir, 20 s.

Kuzucu, M., 2013. Yarı Kurak Alanlarda Mikro Havza Su Hasadı Tekniğinin Genç Antep Fıstığı Ağaçlarının Gelişimi, Toprak ve Su Korunumuna Etkileri. Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Adana, 136 s.

On Y.T, Warkentin T.D., Bing D.J., Steverson F.C., McDonald C., 2010. Chickpea water use efficiency in relation to cropping sytem, cultuvar, soil nitrogen and rhizobial in semiarid environments Canada Agricultural Water Management, 9 (7): 1375-1381 s.

Oweis, T., Prinz, D., Hachum, A., 2001. Water harvesting-ındegenous knowledge for the future of the drier environments. International Center for Agricultural Research Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.

Örs, İ., Safi, S., Ünlükara, A., Yürekli, K. 2011. Su hasadı teknikleri, yapıları ve etkileri. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 4 (2): 65-71 s.

Öz, A., 2014. Farklı Ekim Zamanı, Sıra Aralığı ve Ekim Sıklığının Çemen 'in (*Trigonella foenum-graecum L.*) Verim Ve Bazı Verim Unsurları Üzerine Etkisi. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir 53 s.

Özdemir, E., 2023. Kuru Koşullarda Yetiştirilen farklı Çemen (T*rigonella foenum-graceum* L.) Genotiplerinin Tarımsal Performanslarının Belirlenmesi. Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Erzurum, 44 s.

Sekundur, F., 2017. Çerezlik Kabak Bitkisinde (*Cucurbita pepo* L.) Farklı Gelişme Dönemlerinde Uygulanan Su Stresinin Verime ve Ürün Kalitesine Etkisi. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, Kayseri. 56 s.

TÜİK, 2023. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001

Uğur, Ş., 2016. Ankara (Gölbaşı) Şartlarında Farklı Ekim Zamanlarında Yetiştirilen Çemen (*Trigonella foenum-graecum* L.) Ve Kimyon (*Cuminum cyminum* L.)'un Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya, 42 s.

Ünlükara, A., Katırcı, S., 2018. Sırt ve Karık Mikro-Havza Yağmur Suyu Hasadı Tekniği Altında Nohut Gelişimi ve Verimi. Uluslararası Su ve Çevre Kongresi, 22-24 Mart, Merinos AKKM/Bursa. 863-872.

Ünlükara A., Yetişir H., Cebeci İ., 2021. Rainwater harvesting with polyethylene film covered ridges for pumpkin (*Cucurbita pepo* L.) seed production under semiarid conditions. Journal of Agricultural Sciences, 27 (3): 285-291.

Wang, J.P., Ma, L., Jiang, J., Jia, Z.K., 1999. Research on corn planting technique of micro-water harvesting in semiarid area of south ningxia. Acta Univ Agric Boreali-Occidentalis, 27 (3): 22-27 s.

Wang, Q., Zhang, E., Li, F., Li, F. 2008. Runoff efficiency and technique of microwater harvesting with ridges and furrows, for potato production in semi-arid areas. Water Resource Management, 22: 1431-1443 s.

Vashistha, R.N., Pandita, M.L., Batra, R.R., (1980). Water harvesting studies under rainfed condition in relation to growth and yield of okra. Hargana Journal of Horticultural Science, 9: 88–191 s.

Yıldırım, D., 2020. Sırt-Karık Mikro Havza Su Hasadı Tekniğinin Salçalık Biberin Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi. On Dokuz Mayıs Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Doktora Tezi, Samsun, 109 s.