SB231

SIRT VE KARIK MİKRO-HAVZA YAĞMUR SUYU HASADI TEKNİĞİ ALTINDA NOHUT GELİŞİMİ VE VERİMİ

Ali ÜNLÜKARA[1,*] Selim KATIRCI[2]

[1] Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kayseri/Turkiye. unlukara@gmail.com

2 Erciyes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kayseri/Turkiye. selim_katirci@hotmail.com

Özet

Türkiye'nin yarık kurak bölgelerinden biri olan Kayseri'de Erciyes Üniversitesi Tarımla Araştırma ve Uygulama Merkezinde sırt ve karık mikro-havza yağmur suyu hasadı tekniğinin (SKYH) etkinliğini belirlemek için yürütülen bu çalışmada kontrol olarak kuru tarımda iki geleneksel yetiştirme konusu (K_1 ve K_2) ve üç sırt ve karık mikro havza yetiştirme konusu (SH_1, SH_2 ve SH_3) incelenmiştir. Azkan ve Çakır nohut çeşitleri (Cicer arietinum L.) bitki materyalleri olarak kullanılmıştır. Tesadüf bloklarında tamamen tesadüf bölünmüş parseller deneme deseninde tasarlanan bu çalışmada her bir konu 3 kez tekrarlanmıştır. Bitki gelişme dönemi boyunca 190.8 mm yağış kaydedilmiştir. Tüm konularda nohut bitkisi 328 mm civarında su tüketmiştir. Su hasadı konularında bitki başına ortalama tohum verimi kontrol konularından %61.4 daha yüksek bulunmuştur. Buna rağmen birim alandaki bitki sayıları nedeniyle K_1, K_2, SH_1, SH_2 ve SH_3 konularında sırasıyla 1314 kg, 835 kg, 1329 kg, 1376 kg ve 1420 kg/ha nohut verimi elde edilmiştir. Nerdeyse aynı tohum yoğunluğuna sahip SH_1 konusundan K_2 konusuna göre %55 daha yüksek nohut verimi sağlamıştır. Bu nedenle sırt-karık mikro havza su hasadı tekniğiyle daha yüksek verim alınabilmesi için daha yüksek bitki yoğunluğuna sahip 50 cm örtülü sırt ve 40 cm karıklara sahip çift sıra nohut yetiştirilebilen su hasadı konfigürasyonu önerilmiştir.

Anahtar kelimeler: Kuru tarım, Sırt ve karık mikro-havza yağmur suyu hasat tekniği, nohut.

CHICKPEA GROWTH AND YIELD UNDER RIDGE AND FURROW MICRO-CATCHMENT RAINWATER HARVESTING TECHNIQUE

Abstract

In this study two conventional cultivation treatments as controls (K_1 and K_2) and three ridge and furrow micro-catchment cultivation techniques (SH_1, SH_2 and SH_3) were investigated in Erciyes University Agricultural Research and Training Center in Kayseri, one of the semi-arid regions of Turkey to determine effectiveness of ridge and furrow micro-catchment rainwater harvesting technique (RFRH). Azkan and Çakır chickpea cultivars (Cicer arietinum L.) were used as plant materials. Completely randomized split plots in blocks experimental design was used and each treatment were replicated three times. Along the growth season 190.8 mm rainfall was recorded. Chickpea consumed around 328 mm water for whole treatments. Seed yield per plant for water harvesting treatments were found 61.4% higher than ones for control treatments. Although higher seed yield per plant obtained from RFRH treatments, seed yield per unit area were similar except C_2 treatments due to lower plant density in RFRH. Seed yield per hectare were 1314 kg, 835 kg, 1329 kg, 1376 kg and 1420 kg for C_1, C_2, WH_1, WH_2 and WH_3, respectively. Although C_2 and WH_1 had nearly same plant density but SH_1 produced 55% higher seed yield. According to the results, water harvesting configuration consist of 50 cm covered ridge and 40 cm furrow width with two chickpea rows were offered to obtain higher yield.

Key words: Chickpea, Rainfed farming, Ridge and furrow micro catchment rainwater harvesting technique.

GİRİŞ

Türkiye'de 2014 yılı istatistiklerine göre toplam 7438228 dekar kuru baklagiller ekili alanın 3885175 dekarında nohut yetiştirilmektedir. Dolayısıyla toplam kuru baklagiller alanının %52'sinde nohut tarımı yer alırken bunu %31 ile kırmızı mercimek ve %12 ile kuru fasulye takip etmektedir. Türkiye'de dekardan 116 kg nohut verimi alınmakta olup toplam üretim 450 bin tondur (URL 1). Dünya nohut üretiminde Türkiye sıralaması yıllara göre değişmekle birlikte hep ilk sıralarda yer almaktadır.

Yemeklik tane baklagil bitkisi olan nohudun tanelerinde yüksek oranda (%21.5-23.9) yüksek hazmedilebilir (%76-88) protein bulundurmaktadır (Akçin, 1988). Ayrıca %40-60 karbonhidrat, %4.5-5.5 yağ, fosfor ve kalsiyum içeren nohut insan beslenmesinde önemli bir yere sahiptir (Değirmenci vd., 2009). *Rhizobium* bakterileri ile ortak yaşayabilen nohut havanın serbest azotunu toprağa bağlayarak bundan yararlanabilir. Nohut köklerinin C/N oranı çok düşük olduğundan hasattan sonra kısa sürede parçalanarak humusa dönüşür ve kendisinden sonra ekilen bitkiler için daha uygun bir toprak bırakır. Dolayısıyla iyi bir rotasyon bitkisidir.

Kuraklığa iyi dayanan ve aşırı yağışlardan olumsuz etkilenen nohut bitkisi, kurak geçen dönemlerde az miktar sulamalar ile fazla ürün vermektedir (Kayan, 2012). Nohutta sulama ürünün garantisidir. Sulamayla nohut verimi artar. İspanya, Fransa ve Meksika'da nohut 2-4 kez sulanmaktadır (Şehirali, 1988). Nohut 110-240 mm arasında su tüketmesi durumunda verimi 90-300 kg/da arasında değişmektedir (Singh ve

Bhushan, 1979). Kulaz ve Çiftçi (1997) Van koşullarında en yüksek nohut verimini (146.6 kg/da) metrekarede 42 tohum ekerek, Doğan ve ark. (2015) Mardin Kızıltepe'de ise 50 tohum ekerek elde etmişlerdir. Togay ve ark. (2005) yüksek verim için Van koşullarında sulu ve kuru tarımda en uygun bitki sıklığının 60 tohum/m^2 olduğunu belirtmişlerdir.

Farklı su hasadı 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.

Sırt-karık mikro-havza yağmur suyu hasat sistemleri (SKYH) veya bitki sıra arası sistemleri, daha az yağışın düştüğü yerlerde verimin arttırılmasına yönelik hazırlanan bir mikro havza su hasadı tekniğidir. Önce ekim yapılacak alana karık ve sırt şekli verilir (Şekil 1). Sonra sırtlar değişik malç örtülerle kaplanır veya sıkıştırılır. Sırtlar üzerine düşen yağmur suyu, sırt eğimi ve malç örtü yardımıyla karıklarda bitki kök bölgesinde depolanır. Bitki yetişme sezonunda gerçekleşen yağış miktarı ve yoğunluğu, yetiştirilen bitki ve toprak özellikleri dikkate alınarak farklı sırt/karık oranları ve malç kaplama metotları planlanır. Sistemin avantajı kolay, ucuz, tekrarlanabilir, ve adapte edilebilir olmasıdır (Reij vd., 1988). Dünyanın kurak ve yarı kurak bölgelerinde yapılan pek çok çalışmada, mikro havza su hasadının özellikle sırt ve karık metodu ile bitkisel üretimde ve ağaç gelişiminde verimi pozitif yönde etkilediği tespit edilmiştir (Vashistha vd., 1980; Lal, 1986; Gupta, 1995).



Şekil 1. Sırt-karık mikro havza yağmur suyu hasadı nohut denemesinden görüntüler

Suyun pahalı veya az olduğu kurak, yarı kurak yerlerde sırt+karık toprak işlemesi ile oluşturulan sistem üreticiler tarafından da yaygın olarak tercih edilmektedir (Reij vd., 1988). Yağış yoğunluğunun yüksek olduğu zamanlarda yüzey akış miktarını azaltarak toprak kayıpları en aza indirme etkisi bulunmaktadır (Gupta,1995). Bu sistem, toprak nemini artırarak ya da nem dengesinin korunmasını sağlayarak tarımsal büyümeyi sağlar (Evanari vd., 1968). Li ve ark. (2001) Kuzey Batı Çin'de üreticilere, yarı kurak iklim koşullarında toprak neminin kaybolmasını önleyen ve bitkisel üretimi arttıran mikro su hasadı sistemini uygun görmüşlerdir. Wang ve ark. (1999) ise, yaygın olarak uzun dönemde yetişen ürünlerin bu sistem kullanılarak üretici gelirlerini artırdığını bulmuşlardır. Sistem iklim değişimi ile uyumludur. Yüzey akışı önleyerek, infiltrasyonu ve kök bölgesindeki nem oranını artırarak ve buharlaşmayı en aza indirerek bitki verimini artırmaktadır (Hu ve ark., 1997). Elde edilen veriler dar karıklı sırtların (buharlaşmayı geniş karıklı sırtlara oranla azaltmasından dolayı) daha iyi sonuç verdiğini göstermiştir. Üretimde doğru sırt:karık oranın seçimi, verimi etkileyen önemli bir faktör olarak karşımıza çıkmaktadır. Reij (1991), farklı sırt:karık oranlarıyla (30:60 cm, 45:60 cm, 60:60 cm) yaptıkları çalışmada; plastik malç ve sırt toprağının sıkıştırılması şeklinde iki farklı sırt oluşturma yöntemi kullanarak patates yetiştirmişlerdir. Toprak ile sıkıştırılmış sırtlara ait konularda geleneksel ekim yapılan kontrol konusuna göre iki yıllık patates verimi artışı %14.9-%28.4 olmuştur. Plastik malç örtü kaplı sırtlarda ise verim artışı %158.6-175.0 olmuştur. Çalışmada en iyi verimi veren sırt:karık oranını 39:60 ve 48:60 olarak tespit etmişlerdir. Plastik malç kaplı sırtlarda patatesin su kullanım etkinliği yaklaşık olarak 1.50-1.62 oranında artarken, toprak ile sıkıştırılan sırtların su kullanım etkinliği yönünden, kontrol konusundan farklı olmadığı saptanmıştır.

Sırt ve karık mikro-havza yağmur suyu hasadı (SKYH) bitki verim ve kalitesini artırdığı gibi tesviye eğrilerine paralel sırtları ile yüzey akış ve erozyon azalmaktadır. Azaltılmış toprak işleme ve yeraltı su rezervlerini besleme özelliklerine de sahip olan sırt-karık mikro havza su hasadında sulu tarımda olduğu gibi alt yapı yatırımlarına gerek yoktur. Ayrıca sulu tarım alanlarında görülen tuzluluk ve drenaj problemleri ortaya çıkmaz. SKYH tekniğinden etkili şekilde yararlanmak için öncelikle kullanıldığı iklim ve toprak şartlarında bölgeye adapte olmuş bitkiler için en uygun sırt:karık oranının belirlenmesi gerekir. Yapılacak olan bu araştırmada yarı-kurak Kayseri şartlarında kuru tarımda nohut yetiştiriciliği ile SKYH tekniği altında nohut tarımının karşılaştırılması amaçlanmıştır. SKYH tekniği ile önemli verim artışlarının elde edilebilmesi için en uygun sırt:karık tasarımı belirlenmeye çalışılmıştır.

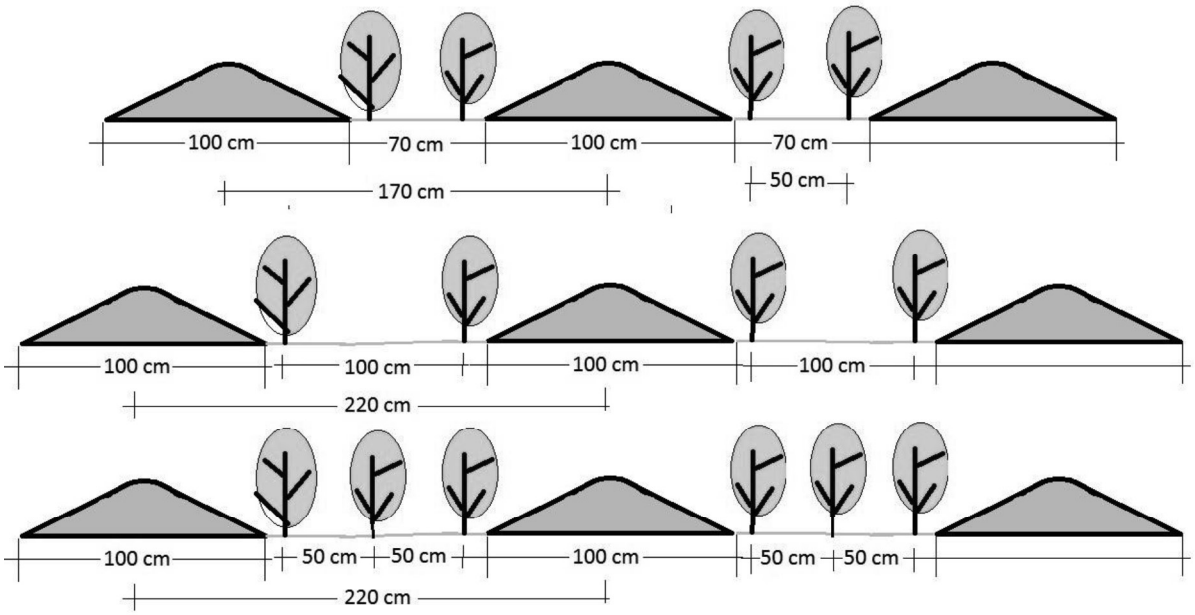
MATERYAL VE YÖNTEM

Kuru tarım koşullarında Orta Anadolu'nun yarı-kurak şartlarında Kayseri'de 2016 yılında Sırt ve karık mikro havza yağmur suyu hasadının etkisini belirlemek amacıyla Erciyes Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Merkezi'nde bir çalışma yürütülmüştür. Araştırmada 3 adet sırt ve karık mikro havza su hasadı konusu (SH_1, SH_2 ve SH_3) ve geleneksel kuru tarım koşulları için sıra arası 50 cm ve 100 cm olmak üzere K_1 ve K_2 konuları bulunmaktadır. Kayseri şartlarında kuru tarım koşullarında çerezlik kabak tarımı yapan çiftçiler rotasyon bitkisi olarak kuru fasulye ve nohut yetiştirmektedirler. Kabak tarımına göre mekanize olan çiftçiler arazi uygulamalarında nohut ve fasulye bitkilerini de oldukça geniş sıra arası mesafeler bırakarak yetiştirmektedirler. Bu şekilde bir uygulamanın etkisini görebilmek amacıyla denemeye K_2 konusu eklenmiştir. Deneme konuları Tablo 1'de ayrıntılı şekilde sunulmuştur.

Hasat edilen yağmur sularının karıklar boyunca akmasını engellemek için tesviye eğrilerine paralel şekilde oluşturan sırt ve karık mikro havza yağmur suyu hasat konuları detaylı olarak Şekil 2'de gösterilmiştir. Şekil 2'de görüldüğü gibi SH_1 konusunda iki malç arasında 170 cm aralık bulunmaktadır. Dolayısıyla 1 bitki sırasına 85 cm genişliğinde bir alan düşmektedir. SH_2 konusunda iki sırt arası 220 cm ve bir bitki sırasına 110 cm, SH_3 konusunda ise bir bitki sırasına 73 cm alan düşmektedir. Tohum ekiminde sıra üstü aralığı 5 cm olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Bu durumda K_1, K_2, SH_1, SH_2 ve SH_3 konularında 1 m^2 birim alanda sırasıyla 40, 20, 23, 19 ve 27 bitki bulunmaktadır. Tesadüf Bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde kurulan çalışmada her bir konu 3 kez tekrarlanmıştır. Bloklar ikiye bölünerek her bir parçaya çeşitler ekilmiş ve parseller bu parçalara tesadüfen dağıtılmıştır.

Bitki ekiminden önce dekara 300 kg kompost gübre uygulaması yapılmıştır. Dekara 8 kg saf azot, 8 kg fosfor (P_2O_5) ve 8 kg potasyum (K_2O) gübresi toprak verimlilik analizi dikkate alınarak tek seferde toprak yüzeyine sıra üstü hattı boyunca uygulanmış ve sonrasında çapa makinası ile çapalanarak toprağa karıştırılmıştır. Nohut ekimi elle gerçekleştirilmiştir. Denemede Çakır ve Azkan nohut çeşitleri (*Cicer arietinum* L.) kullanılmıştır. Her birinin uzunluğu 10 m olan parseller tam ortadan iki bölünerek yarısına Çakır ve diğer yarısına Azkan nohut çeşitleri ekilmiştir.

Toprak nem takibi için 503 DR Hydroprobe marka nötron metre kullanılmıştır. Nem takibi ve kalibrasyonu için Evett (2007) 'de verilen yöntemlere göre gerçekleştirilmiştir. Her bir parselde parsel ortasına yerleştirilen 5 cm dış çapında alüminyum akses boruları içerisinde 20 cm, 40 cm, 60 cm ve 80 cm derinliklerden nem ölçümleri alınmıştır. Deneme başında 0-20 cm yüzey toprak katmanı için (P_v= 1.34×SO+0.49) ve 20-100 cm toprak katmanı için (P_v= 33×SO-18.5) elde edilen bir kalibrasyon ilişkileri yardımı ile nötron metre sayım oranları (SO) ölçümleri, hacimsel toprak nem değerlerine (P_v; %) dönüştürülmüştür. Her bir parselde ortada bulunan 2 bitki sırasından birisi üzerine bitkiden 25 cm uzaklıkta iki ayrı noktaya birer akses borusu çakılmıştır.



Şekil 2. Su hasadı konuları ekim planı enine kesiti

Tablo 1. Deneme Konuları

Konu no	KONU	Malç örtü genişliği	Karık genişliği	Bitki sıra sayısı	Bitki sıra arası Genişlik (cm)	Sembol
1	Kontrol	-	-	-	50	K_1
2		-	-	-	100	K_2
3	Su hasadı	100 cm	70 cm	Çift	50	SH_1
4		100 cm	120 cm	Çift	100	SH_2
5		100 cm	120 cm	Üç	50	SH_3

Mikro havza su hasadı tekniği ile bitki sıraları arasında bulunan farklı genişlikteki plastik örtülü sırtlardan yağış suları bitki yetiştirme şeritlerine konsantre olmaktadır (Şekil 1). Konsantre olan yağış miktarı ve gelişme dönemi boyunca bitki su tüketiminin hesaplanabilmesi için düşen yağışlar deneme alanında bulunan otomatik meteoroloji istasyonuyla ölçülmüştür.

Denemede bitki su tüketimi su bütçesi eşitliğine göre belirlenmiştir (James 1988, Wang et al., 2008):

$$ET = P + (W_1 - W_2) - dp \quad (1)$$

Eşitlikte; ET bitki su tüketimi (mm), P kabak yetiştirme dönemi yağış miktarı (mm), W_1 ve W_2 ise ekim ve hasattaki toprak nemidir (mm) ve dp ise derine sızma miktarıdır (mm). Herhangi bir dönemde bitki kök bölgesinde düşen yağışların tarla kapasitesini aşan miktarları derine sızma olarak kabul edilmiştir.

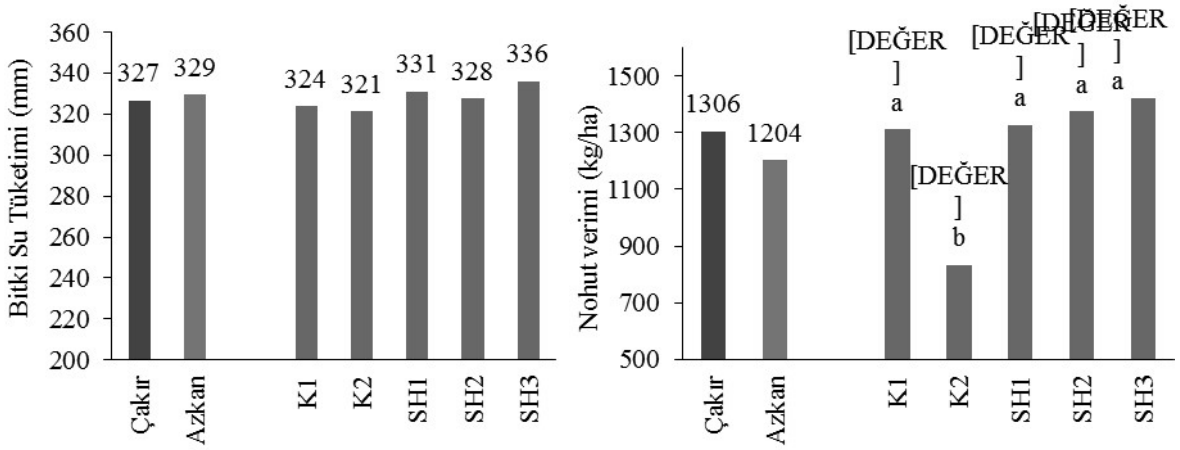
Hasat zamanı her konuda 10 bitkide bakla sayısı ve bakla içerisindeki tane sayısı belirlenmiştir. Bu 5 bitkinin toplam kuru biyokütle ağırlığı 65 °C sıcaklıkta sabit ağırlığa kadar örneklerin kurutulmasından sonra tartım yoluyla tespit edilmiştir. Örnekleme alanındaki tüm bitkiler hasat edilerek alınan kuru nohut verimi saptanmıştır. Gelişme dönemi boyunca bitki boyu ölçümü yapılmış ve bu ölçümler her konuda 10 bitkide gerçekleştirilmiştir. Havada iyice kuruyan tohumlardan sayım ve tartım yoluyla 100 nohut tane ağırlığı belirlenmiş ve Kjeldahl yöntemi kullanılarak protein yüzdesi saptanmıştır.

Sonuçlar SPSS programı yardımıyla varyans analizine ve Duncan Çoklu Karşılaştırma testine tabii tutulmuştur.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bitki Su Tüketimi, Verim ve Su Kullanım Etkinliği

Tohum ekiminin 11 Nisan ve hasadın 21 Temmuz 2016 tarihlerinde gerçekleştirilmiş olduğu denemede toplam bitki gelişme süresi 101 gün sürmüştür. Bitki gelişme dönemi boyunca 190.8 mm yağış düşmüştür. Toprak su bütçesi yöntemine göre hesaplanan konulara göre bitki su tüketimi değişimleri Şekil 3'te verilmiştir. Denemede ortalama bitki su tüketimi 328 mm hesaplanmıştır. Konular arası fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.



Şekil 3. Nohut çeşidine, kontrol konusu ve su hasadı konularına göre ortalama bitki su tüketimi

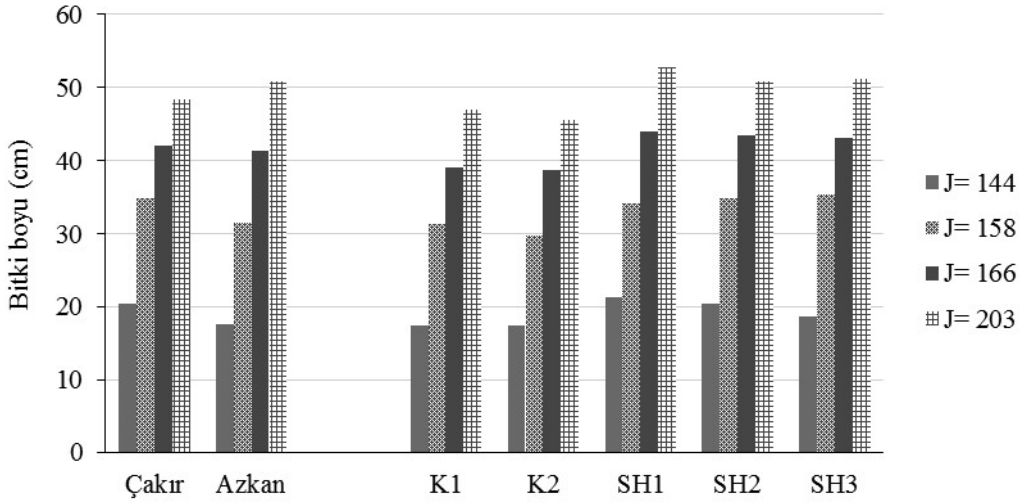
Bir hektarlık birim alandan elde edilen nohut tohumu verimi denemede 429-1692 kg arasında değişmiş olup ortalama 1255 kg verim elde edilmiştir. Çeşitler arası farklılığın önemli bulunmadığı denemede Çakır çeşidinden 1306 kg/ha ve Azkan çeşidinden 1204 kg/ha nohut verimi alınmıştır (Şekil 3 ve Tablo 2). Kontrol olarak dikkate alınan geleneksel kuru tarım konuları ve sırt-karık mikro havza yağmur suyu hasat konularının tohum verimi üzerine etkisi ise $p<0.01$ düzeyinde çok önemli bulunmuştur. En düşük nohut verimi en az bitki yoğunluğunun olduğu K_2 konusundan 835 kg/ha elde edilmiştir. En yüksek nohut verimi ise K_1, SH_1, SH_2 ve SH_3 konularından sırasıyla 1314 kg/ha, 1329 kg/ha, 1376 kg/ha ve 1420 kg/ha alınmıştır. Toprak yüzeyinin önemli bir kısmının örtülmüş olduğu bu sistemde topraktan buharlaşma kayıplarının azalması ve düşen yağışın bitki transpirasyonunda kullanılma oranının artması, bitki veriminde önemli artışlara yol açmaktadır. Bitki yoğunluğunun 20 bitki/m^2 olduğu K_2 konusundan 835 kg/ha verim alınmasına karşılık ortalama 20.8 bitki yoğunluğuna sahip SH_1 ve SH_2 su hasadı konularından ortalama 1352 kg/ha nohut verimi alınmıştır. Bu şartlarda su hasadı, nohut verimini yaklaşık %62 artırmıştır. Bu denemede kullanılan sırt-karık yağmur suyu hasat sistemi tasarımından başka bitki yoğunluğunu K_1 konusu civarında sağlayabilecek bir diğer SKYH tasarımıyla daha yüksek nohut verimi alınabilecektir. SH_3 konusunda 27 adet/m^2 bitki yoğunluğu ile tarla alanının %45'i kapalı olmasına rağmen K_1 konusu kadar hatta bir miktar daha yüksek nohut verimi alınmıştır. Eğer 0.5 m kapalı sırtlara ve 0.5 m karıklara sahip bir diğer su hasadı sisteminde karıklara çift sıra bitki ekilmesi durumunda bitki yoğunluğu 40 adet/m^2 olacak ve örtülü alan ise %50'ye çıkacaktır.

Kirnak vd. (2017) tarafından Kayseri şartlarında Aksu çeşidi nohut için farklı dönemlerde uygulanan sulama uygulamalarına göre bitki su tüketimi 262-569 mm arasında saptanmıştır. Çimlenme çıkış sulamasından sonra sulama uygulanmayan konudan 1460 kg/ha ve %50 bakla döneminde yalnızca bir sulama yapılan konudan ise 2730 kg/ha nohut verimi alınmıştır. Kuru ve sulu tarım şartları altında İran'da Soltani vd. (2000) tarafından 909 ve 2766 kg/ha, Oweis vd. (2004) tarafından 1440 ve 2550 kg/ha, Ozgun vd. (2004) tarafından 469.9 ve 1308.6 kg/ha ve Toğay vd. (2005) tarafından ortalama 940 ve 557 kg/ha tohum verimi elde edilmiştir.

Tüketilen her bir m^3 su için üretilen nohut tohumu miktarı (WUE) Tablo 2'de gösterilmiştir. Ortalama 1 m^3 su tüketimi için 0.38 kg nohut verimi elde edilen çalışmada WUE 0.13-0.51 arasında değişim göstermiştir. Çeşitlerin WUE üzerine etkisi önemli bulunmamıştır. Geleneksel kuru tarım konuları ile sırt-karık mikro havza su hasadı konularının bitki su tüketimine etkisi $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Tablo 2). En düşük WUE değeri K_2 konusunda 0.26 kg/m^3 olarak belirlenmiştir. En yüksek WUE değerleri K_1 kontrol konusu ve su hasadı konularında 0.40-0.42 arasında saptanmıştır. Nohut tohumları K_1 konusunda 0.5 m sıra arasıyla ve K_2 konusunda 1.0 m sıra arasıyla ekilmiştir. Bu durumda 1 m^2 alanda K_1 konusunda yaklaşık 40 bitki yer alırken K_2 konusunda 20 bitki yer almıştır. Bitki başına düşen birim alan artmasına rağmen buna karşılık K_2 konusunda verim artışı sağlanamadığı için WUE büyük oranda düşmüştür. SKYH tekniği konuları olan SH_1, SH_2 ve SH_3 konularında 1 m^2 alanda sırasıyla 23, 18 ve 27 bitki olmasına rağmen yağmur sularının hasat edilerek kök bölgesinde kullanıma sunulması ve örtülü sırtların buharlaşma kayıplarını azaltması nedeniyle önemli verim artışları saptanmıştır. Bu nedenle su hasadı konularında birim alanda K_1 konusuna göre daha az bitki olmasına karşın WUE artmıştır.

Bitki Boyu

Deneme boyunca farklı tarihlerde 4 kez bitki boy ölçümü yapılmıştır. Bitki boy ölçümleri sırasıyla 23 Mayıs (J= 144), 6 Haziran (J= 158), 14 Haziran (J= 166) ve 21 Temmuz 2016 (J= 203) tarihlerinde gerçekleştirilmiştir. Denemede ilk ölçümde bitkiler ortalama 19 cm, 2. Ölçümde 33.1 cm, 3.ölçümde 41.7 cm ve son ölçümde 49.3 cm boy değerlerine ulaşmışlardır (Şekil 4).



Şekil 4. Nohut çeşidine, kontrol konusu ve su hasadı konularına göre bitki gelişme dönemi boyunca bitki boyundaki değişimler (23 Mayıs, 6 Haziran, 14 Haziran ve 21 Temmuz tarihleri sırasıyla yılın 144, 158, 166 ve 203.günlerine karşılık gelmektedir).

Yılın 144.gününde yapılan ilk ölçümde bitki boyu 12.7 ile 29.0 cm arasında değişkenlik göstermiş olup bitki boyundaki bu değişkenlik üzerine çeşitlerin etkisi $p<0.01$ düzeyinde ve farklı konuların etkisi $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Çakır çeşidinin boyu 20.5 cm ve Azkan çeşidinin boyu 17.6 cm saptanmıştır (Şekil 4). Çakır çeşidi daha fazla boylanarak en yüksek boy değerine sahip olmuştur. Su hasadı konularında bulunan bitkiler kontrol konuları bitkilerine göre ortalama %15 oranında daha fazla boylanmıştır. En yüksek bitki boyu 21.3 cm ile SH_1 konusunda ve en düşük bitki boyu 17.4 cm ile K_1 ve K_2 konularında saptanmıştır (Şekil 4).

1.ölçümden 14 gün sonra yılın 158.gününde yapılan 2.bitki boyu ölçümünde bitki boyu 22.1 ile 38 cm arasında değişmiştir. 1.ölçüme göre bitkiler %74 oranında daha fazla boy atmıştır. Bitki boyundaki bu değişim üzerine yine bitki çeşidinin etkisi ($p<0.01$) ve konuların etkisi ($p<0.05$) önemli bulunmuştur (Şekil 4). 1.ve 2.ölçümler arasında bitki boyu her gün ortalama 1.01 cm gelişme kaydetmiştir. Çakır çeşidinin boyu (34.8 cm) Azkan çeşidi boyundan (31.4 cm) daha uzundur. Su hasadı ve kontrol konuları dikkate alındığında bitki boyu su hasadında ortalama %13.3 oranında daha fazla uzama göstermiştir. En düşük bitki boyu K_2'de 29.8 cm ve en yüksek bitki boyu SH_3'de 35.4 cm saptanmıştır.

2.ölçümden 12 gün sonra yılın 166.gününde yapılan 3.ölçümde bitki boyu 33.7 ile 49.3 cm arasında değişmiştir. 2.ölçüme göre bitkiler %25.8 oranında daha fazla boy atmıştır. Bu dönemde bitki boyu her gün ortalama 1.07 cm gelişme kaydetmiştir. Bitki boyundaki bu değişime yalnızca kontrol ve su hasadı uygulamalarının etkisi önemli bulunmuştur. Su hasadı konularında bitki boyu kontrol konusuna göre ortalama %11.9 oranında daha fazladır. Gelişme döneminin ilerlemesiyle birlikte kontrol konuları ile su hasadı konuları arasında bitki boyu farkı giderek azalmıştır. En yüksek bitki boyu SH_1 ve SH_2 konusunda 44 cm ile 43.5 cm saptanırken, en düşük bitki boyu K_1 ve K_2 konularında 39.0 cm ve 38.9 cm saptanmıştır (Şekil 4).

3.ölçümden 37 gün sonra yılın 203.gününde yapılan 4.ölçümde bitki boyu 39.5 ile 58.5 cm arasında değişmiştir. 3.ölçüme göre bitkiler %19 oranında daha fazla boy atmıştır. Bu dönemde bitki boyu her gün ortalama 0.21 cm gelişme kaydetmiştir. Bitki boyundaki bu değişime yalnızca kontrol ve su hasadı uygulamalarının etkisi önemli bulunmuştur. Su hasadı konularında bitki boyu kontrol konusuna göre ortalama %11.4 oranında daha fazladır. Son iki ölçümde kontrol konuları ile su hasadı konuları arası bitki boyu farkı sabit kalmıştır. En yüksek bitki boyu SH_1 konusunda 53 cm ve SH_2 konusunda 51 cm saptanmıştır. En düşük bitki boyu K_2 konusunda 46 cm ve sonra K_1 konusunda 46 cm saptanmıştır (Şekil 4). İlk 2 ölçümde Çakır çeşidi Azkan çeşidinden daha yüksek bitki boyuna sahip olmasına karşılık son iki ölçümde Azkan çeşidi Çakır

çeşidini yakalamıştır. Tüm ölçümlerde sırt ve karık mikro-havza yağmur suyu hasadı konularında nohut bitki boyu kontrol konularına göre daha yüksek bulunmuş ve su hasadı bitki boyunun artmasına neden olmuştur.

Tablo 2. Sırt ve Karık Mikro-Havza Yağmur Suyu Hasat Tekniği Konuları ve Kontrol Konuları Altında Çakır ve Azkan Çeşidi Nohutların Verim ve Verim Unsurları ve Su Kullanma Etkinliği

	Bitki Bakla Sayısı (adet)	Bitki Tohum Sayısı (adet)	Bakla Tohum Sayısı (adet)	Bitki Tohum Verimi (g)	100 Tane Ağır. (g)	Kuru Biyokütle (kg/ha)	Nohut Tane Verimi (kg/ha)	Hasat İndeksi (kg/kg)	WUE (kg/m^3)	Protein Oranı (%)
K_1	15.1b*	17.0 c	1.11	6.9 c	40.4	4531 a	1314 a	0.29 b	0.41	20.5
K_2	19.0ab	18.8 bc	1.06	8.9 bc	44.1	2994 b	835 b	0.28 b	0.26	20.2
SH_1	23.8 a	26.3abc	1.12	11.5ab	43.5	3530 b	1329 a	0.38 a	0.40	18.3
SH_2	25.7 a	28.3 ab	1.12	13.0 a	43.0	3460 b	1376 a	0.40 a	0.42	17.7
SH_3	25.7 a	29.7 a	1.14	13.6 a	43.7	3684ab	1420 a	0.39 a	0.42	19.2
Çakır	20.1	24.5	1.21 a	10.3	42.2	3590	1306	0.37 a	0.40	18.9
Azkan	23.6	23.5	1.01 b	11.2	43.7	3690	1204	0.33 b	0.37	19.4
Ort.	21.8	24.0	1.11	10.8	42.9	3640	1255	0.35	0.38	19.0

* Sonuçların hemen yanında kullanılan harfler, varyans analizi sonucunda konular arası farklılıkların önemli bulunduğu sonuçların Duncan Çoklu Karşılaştırma gruplandırmalarını göstermektedir.

Toğay vd. (2005) tarafından 2 nohut çeşidi için yapılan çalışmada sulamanın nohut çeşidini artırdığı belirlenmiş ve sulu koşullarda ortalama 35.5 cm ve kuru tarım koşullarında ise 32.4 cm bitki boyu saptanmıştır.

Bakla Sayısı

Bitki başına ortalama 21.6 adet baklanın saptandığı denemede bakla sayısı 8.4-36.7 adet arasında değişmiştir. Çakır çeşidinde ortalama 20 bakla ve Azkan çeşidinde 24 bakla bulunmasına karşılık bakla sayısı üzerine çeşitlerin etkisi önemli bulunmamıştır (Tablo 2). Bakla sayısı üzerine kontrol ve su hasadı konularının etkisi $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek bakla sayısı su hasadı konularında ve en düşük bakla sayısı ise K_1 kontrol konusunda belirlenmiştir. Kontrol konularına göre su hasadı konularında bakla sayısı ortalama %46.8 oranında daha yüksektir. Su hasadıyla nohut bitkisi bakla sayısı artmıştır.

Her bir bakla içerisinde ortalama 1.11 adet tohum olduğu belirlenen bu çalışmada geleneksel kuru tarım ve su hasadı uygulamalarının bakla tohum sayısı üzerinde önemli bir etkisinin olmadığı ancak çeşitler arası etkinin önemli olduğu belirlenmiştir (Tablo 2). Çakır çeşidinde 1.21 adet ile bakla içerisinde en yüksek sayıda tohum olduğu buna karşın Azkan çeşidinde 1.01 adet ile bakla içerisinden en az sayıda tohum bulunduğu saptanmıştır. Sulamayla bitki başına bakla ve tohum sayısının arttığını belirten Ozgun vd. (2004) tarafından bitki başına sulu ve kuru tarım şartlarında 18 ve 10.4 adet bakla ve 17.41 ve 8.64 adet tohum elde edilmiştir.

Bitki Nohut Sayısı

Bitki başına ortalama 24 adet nohut tohumu alınan bu denemede tohum sayısı 9.2-40.8 adet arasında değişmiştir. Çakır ve Azkan çeşitlerinde bitki başına ortalama 24-25 adet tohum elde edilmiş ve tohum sayısı üzerine çeşitlerin etkisi önemli bulunmamıştır (Tablo 2). Bitki başına tohum sayısı üzerine kontrol ve su hasadı konularının etkisi $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. En fazla bitki başına tohum su hasadı SH_3 konusundan 30 adet, sonra SH_2 konusundan 28 adet alınırken en az tohum K_1 konusundan 17 adet ve sonra K_2 konusundan 19 adettir. Kontrol konularına göre su hasadı konularında bitki başına tohum sayısının ortalama %57 oranında daha fazla olduğu saptanmıştır. Su hasadıyla bitki başına tohum sayısı artmıştır. Ozgun vd. (2004) tarafından 4 nohut çeşidiyle yürütülen çalışmada sulamanın bitki başına bakla ve tohum sayısını artırdığı belirlenmiştir. Sulu ve kuru tarım şartlarında her bitkiden ortalama 18 ve 10.6 bakla elde edilirken 17.41 ve 8.64 adet tohum elde edilmiştir. Ozgun vd. (2004) tarafından 4 nohut çeşidi için kuru ve sulu tarım şartlarında bitki başına ortalama 2.72 g ve 7.07 g tohum verimi alınmıştır.

Bitki başına ortalama 11.08 g nohut verimi alınan bu denemede bitki başına nohut verimi 2.7-17.5 g arasında değişmiştir. Bitki başına nohut veriminin çeşitlerden etkilenmediği bu çalışmada Çakır ve Azkan çeşitlerinden sırasıyla 10.3 ve 11.2 g/bitki tohum verimi alınmıştır (Tablo 2). Bitki başına tohum verimi üzerine kontrol ve su hasadı konularının etkisi $p<0.01$ düzeyinde çok önemli bulunmuştur. En fazla bitki başına tohum verimi su hasadı SH_3 ve SH_2 konularından sırasıyla 13.6 g ve 13.0 g elde edilirken en az tohum verimi K_1 konusundan 6.9 g ve K_2 konusundan ise 8.9 g elde edilmiştir. Kontrol konularına göre su hasadı konularından bitki başına %61 oranında daha yüksek tohum verimi alınmıştır. Su hasadıyla bitki başına tohum verimi artmıştır.

Kuru Biyokütle Verimi

Toprak üstü kuru biyokütle veriminin ortalama 3640 kg/ha olduğu bu denemede kuru biyokütle verimi 2352-5724 kg/ha arasında değişmiştir. Bitki başına kuru biyokütle veriminin çeşitlerden etkilenmediği bu çalışmada Çakır ve Azkan çeşitlerinden sırasıyla 3590 kg/ha ve 3690 kg/ha verim alınmıştır (Tablo 2). Kuru biyokütle verimi üzerine kontrol ve su hasadı konularının etkisi ise $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. En fazla kuru biyokütle verimi K_1 konusundan 4531 kg/ha ve en az ise K_2 konusundan 2994 kg/ha elde edilmiştir. Su hasadı SH_3 konusundan 3684 kg/ha, SH_2 ve SH_1 konularından ise sırasıyla 3460 kg/ha ve 3530 kg/ha biyokütle verimi alınmıştır. Kuru biyokütle verimindeki bu farklılığa birim alandaki bitki sayısı önemli derecede etkili olmuştur. 1 m^2 alana düşen bitki sayısı K_1, K_2, SH_1, SH_2 ve SH_3 konularında sırasıyla 40, 20, 23, 18 ve 27 adettir. K_1 konusunda bitki sıra arası 0.5 m olmasına karşılık K_2 konusunda 1.0 m olup birim alandaki bitki sayısında yarı yarıya azalma söz konusudur. K_1 konusundan alınan kuru biyokütle K_2 konusundan %51 oranında daha yüksektir. Dolayısıyla nohut tarımında birim alandaki bitki sayısındaki azalma toplam kuru biyokütle veriminde önemli düşüşlere yol açmıştır. Bu nedenle kuru tarım şartlarında bitki sayısı 40 adet/m^2'den daha az olmamalıdır. Su hasadı konularından SH_1 ve SH_2 konularında birim alanda sırasıyla 23 ve 18 adet/m^2 bitki olmasına karşılık sırasıyla bu konulardan 3530 kg/ha ve 3460 kg/ha kuru biyokütle verimi alınmıştır (Tablo 2). Bu iki konunun ortalaması birim alanda 20.8 bitki/m^2 ve kuru biyokütle verimi ise 3495 kg/ha'dır. K_2 ile aynı bitki yoğunluğu olmasına karşın bu konulardan ortalama %16.7 oranında daha yüksek kuru biyokütle verimi elde edilmiştir. Kuru biyokütle verimindeki bu artış üzerine su hasadının açık şekilde etki ettiğini bu sonuçlar göstermektedir. SH_3 konusunda K_1 konusuna göre birim alanda %32.5 oranında daha az bitki olmasına karşılık biyokütle verimi K_1 konusundan %18.7 oranında daha düşüktür.

Hasat İndeksi

Bitki tohum veriminin toprak üstü toplam kuru biyokütle verimine oranlanmasıyla belirlenen hasat indeksi, denemede 0.18-0.48 arasında değişmiştir. Ortalama değeri 0.35 olarak belirlenmiştir. Hasat indeksi üzerine çeşitlerin etkisi $p<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek hasat indeksi Çakır çeşidinde 0.37 ve en düşük Azkan çeşidinde 0.33 saptanmıştır (Tablo 2). Bu verilere göre Çakır çeşidi ürettiği toplam toprak üstü kuru maddenin %4 kadar daha fazlasını nohut verimine dönüştürmüştür. Geleneksel kuru tarım konuları ile su hasadı konularının hasat indeksi üzerine etkisi $p<0.01$ düzeyinde çok önemli bulunmuştur. En düşük hasat indeksi K_1 ve K_2 kontrol konularında sırasıyla 0.29 ve 0.28 belirlenirken en yüksek hasat indeksi sırt karık mikro-havza yağmur suyu hasadı SH_1, SH_2 ve SH_3 konularında sırasıyla 0.38, 0.40 ve 0.39 belirlenmiştir. Su hasadıyla hasat indeksi yaklaşık %37 oranında artmıştır. Su hasadı konularında toplam kuru biyokütle veriminin K_1 konusundan daha az olmasına karşılık su hasadının hasat indeksinde meydana getirdiği olumlu etki nedeniyle birim alandan elde edilen tohum veriminde bir kayıp meydana gelmemiştir. Nohut hasat indeksinin sulamayla arttığını çeşitli araştırma sonuçları bildirmektedir. Sulu ve kuru tarım şartlarında Ozgun vd. (2004) tarafından sırasıyla 0.266 ve 0.187 olarak Toğay vd. (2005) tarafından ise 0.413 ve 0.367 olarak saptanmıştır.

Yüz Tane Ağırlığı ve Protein Oranı

Denemede ortalama 100 tane ağırlığı 42.9 g belirlenmiş olup çeşitlerin ve konuların 100 tane ağırlığına önemli bir etkisi önemli bulunmamıştır. Çakır çeşidinde 42.2 g ve Azkan çeşidinde ise 43.7 g belirlenen 100 tane ağırlığı K_1, K_2, SH_1, SH_2 ve SH_3 konularında sırasıyla 40.4, 44.1, 43.5, 43.0 ve 43.7 g olmuştur (Tablo 2). Nohut 100 tane ağırlığı sulamayla artmaktadır (Ozgun vd., 2004; Toğay vd., 2005). Sulu ve kuru tarım şartlarında ortalama 100 tane ağırlığı 4 nohut çeşidi için sırasıyla 40.36 ve 29.33 g (Ozgun vd., 2004) ve 2 nohut çeşidi için 36.6 ve 36.2 g saptanmıştır (Toğay vd., 2005).

Denemede nohut taneleri protein oranı ortalama %19 belirlenmiş olup çeşitler arası ve konular arası fark önemli bulunmamıştır (Tablo 2). Çakır çeşidinde %18.9 ve Azkan çeşidinde ise %19.4 olarak belirlenen protein oranı K_1, K_2, SH_1, SH_2 ve SH_3 konularında sırasıyla %20.5, %20.2, %18.3, %17.7 ve %19.2 bulunmuştur (Tablo 2).

SONUÇ

Araştırmada 100 cm örtülü sırtlar ve 70 ile 120 cm karık alanları olan sırt ve karık yağmur suyu hasat (SKYH) tekniği, geleneksel kuru tarım nohut yetiştiriciliği karşılaştırılmıştır. SKYH tekniği altında bitki bakla sayısında, tohum sayısında, bitki tohum veriminde, hasat indeksinde ve su kullanım etkinliğinde büyük artışlar sağlanmıştır. Ancak tasarlanan SKYH sisteminde bitki yoğunluğunun çok düşük kalması nedeniyle ancak kontrol konusu kadar nohut verimi alınmıştır. Bu sonuçlara göre Orta Anadolu şartları için hem yağmur suyu hasat alanını artıracak hem de bitki yoğunluğunu geleneksel kuru tarım konuları düzeyine çıkaracak olan 50 cm örtülü sırtlar ve çift nohut sırası içeren 40 cm karıklar önerilmiştir.

TEŞEKKÜR

Bu araştırma, Erciyes Üniversitesi BAP Birimi tarafından desteklenen FYL-2016-6498 nolu proje sonuçlarına dayanmaktadır. Yardımları ve özverili çalışmaları nedeniyle tüm BAP personelini teşekkürü borç biliriz.

KAYNAKLAR

Akdağ, C., Ütebay, H., Düzdemir, O. (1995), "Ekim Zamanı, Azot ve Fosfor Dozlarının Nohut (*C. arietinum* L.)'ta Verim ve Diğer Bazı Özelliklere Etkileri Üzerine Bir Araştırma", Gazisomanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 12, pp.110-121.

Akçin, A. (1988), "Yemeklik Tane Baklagiller", Ders Kitabı, S.Ü. Yayınları 43, Ziraat Fakültesi Yayınları 8, Konya.

Değirmenci, V., Kırnak, H., Anlağan, M. (2009), "Harran ovası koşullarında nohut sulama programının belirlenmesi". VIII. Tarla Bitkileri Kongresi, 19-22 Ekim, Hatay, ss.375-377.

Doğan, Y., Çiftçi, V., Ekinci, B. (2015), "Mardin Kızıltepe Ekolojik Koşullarında Farklı Bitki Sıklıklarının Nohutta (*Cicer arietinum L.*) Verim ve Bazı Verim Öğelerine Etkileri", Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 5 (1), pp.73-81.

Doorenbos, J., Kassam, A.H. (1986), "Yield response to water", FAO Irrigation and Drainage Paper 33, Rome.

Evenari, M., Shanan, L., Tadmor, N.H. (1968), "Runoff farming in the desert. I. Experimental layout", Agronomy Journal 60 (1), pp.29-38.

Evett, S.R. (2007), "Soil Water and Monitoring Technology". In: Lascano R.J., Sojka R.E. (eds.), Irrigation of Agricultural Crops. ASA-CSSA-SSSA Agronomy Monograph No. 30, Madison, Wisconcin.

Gupta, G.N. (1995), "Rainwater management for tree planting in the Indian Desert", Journal of Arid Environments, 31, pp.219–235.

International Water and Sanitation Center (IRC) (1992) "Water Harvesting: A Guide for planners and Project Managers, Technical Report",

James, L.G. (1988), "Principles of farm irrigation system design", John Wiley and Sons, Singapore.

Kayan, N. (2012), "Farklı Gelişme Dönemlerinde Uygulanan Sulamanın Bazı Nohut (*Cicer arietinum* L.) Çeşitlerinde Verim ve Verim Öğelerine Etkisi", YYÜ Tarım Bilimleri Dergisi, 22 (1), pp.40-47.

Kirnak, H., Varol, I.S., Irik, H.A., Ozaktan, H. (2017), "Effects of irrigation applied at different growth stages on chickpea yield", Agronomy Research, 15 (5), pp. 1928-1933.

Kulaz, H., Çiftçi, V. (1997), "Van Koşullarında Bitki Sıklığının Nohut (*Cicer arietinum* L.)'ta Verim ve Verim Öğelerine Etkisi". Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23, pp.599-601.

Lal, H. (1986), "Development of appropriate mechanization for the 'W'-form soil management System", Soil & Tillage Research, 8, pp.145–159.

Li, X.Y., Gong, J.D., Gao, Q.Z, Li, F.R. (2001), "Incorporation of ridge and furrow method of rainfall harvesting with mulching for crop production under semiarid conditions", Agricultural Water Management, 50, pp.173-183.

Oweis, T., Hachum, A., Pala, M. (2004), "Water use efficiency of winter-sown chickpea under supplemental irrigation in a mediterranean environment", Agricultural Water Management, 66, pp. 163-179.

Oweis, T., Prinz, D., Hachum, A. (2001), "Water Harvesting-Indegenous Knowledge for the Future of the Drier Environments", International Center for Agricultural Research Areas (ICARDA), Aleppo, Syria.

Ozgun, O.S., Bicer, B.T., Sakar, D. (2004), "Agronomic and Morphological Characters of Chickpea Under Irrigated Conditions in Turkey", International Journal of Agriculture and Biology, 4, pp. 606-610.

Örs, İ., Safi, S., Ünlükara, A., Yürekli, K. (2011), "Su Hasadı Teknikleri, Yapıları ve Etkileri", Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi, 4 (2), pp.65-71.

Reij, C., (1991), "Indigeous Soil and Water Conservation in Africa", London.

Reij, C., Maulder, P., Begemann, L. (1988), "Water harvesting for plant production", World Bank Technical Paper 91, Washington DC, USA.

Singh, G., Bhushan, L.S. (1979), "Water use, water use efficiency and yield of dryland chickpea as influenced by P-fertilization and stored soil water and crop season rainfall", Agricultural Water Management, 2, pp.299-305.

Soltani, A., Khooie, F.R., Ghassemi-Golezani, K. (2001), "A simulation study of chickpea crop response to limited irrigation in semiarid environment", Agricultural Water Management, 49, pp.225-237.

Şehrali, S. (1988), "Yemeklik Tane Baklagiller", Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın No. 1089, Ders Kitabı, Ankara.

Toğay N., Toğay Y., Erman M., Doğan Y., Çığ F., 2005. Tarım Bilimleri Dergisi, 11, pp. 417-421.

URL1, 2015. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001

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, 9,1pp.88–191.

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), pp.22-27.

Wang, Q., Zhang, E., Li, F., Li, F. (2008), "Runoff Efficiency and Technique of Micro-water Harvesting with Ridges and Furrows, for Potato Production in Semi-arid Areas", Water Resource Management, 22, pp. 1431-1443.