SB232

KURU FASULYENİN (*Phaseolus vulgaris* L.) FARKLI EKİM SIKLIĞI VE SU STRESİ KOŞULLARINDA VERİM VE KALİTE KRİTERLERİNİN BELİRLENMESİ

Ali ÜNLÜKARA[1]; Ömer AKSU[2]; Mehmet ARSLAN[3]

[1]Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği, Kayseri, unlukara@gmail.com
[2]Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği, Kayseri, omeraksuedu@gmail.com
[3]Erciyes Üniversitesi Seyrani Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji, Kayseri, mehmetarslan@erciyes.edu.tr

ÖZET

Farklı ekim sıklıklarında ekilen kuru fasulyenin (Phaseolus vulgaris L. Alberto) farklı su stresine karşı tepkisinin belirlenmesi amacıyla yarı kurak Kayseri şartlarında 2015 yılında kuru fasulye çeşidiyle bir arazi denemesi yürütülmüştür. Sıra arası 30 cm, 40 cm, 50 cm ve her 50 cm'de çift sıra ekilen fasulyeye toprakta tüketilen suyun %100'ü (S_{100}), %75'i (S_{75}), %50'si (S_{50}) ve %25'i (S_{25}) damla sulama sistemiyle uygulanmıştır. Bitki boyu, dal sayısı, boğum sayısı ve protein oranı farklı su stresi ve ekim uygulamalarından önemli düzeyde etkilenmemiştir. Orta ve yüksek düzeyde su stresi nedeniyle bitki bakla sayısı ve tane sayısı azalmıştır. Su stresi sonucu en düşük S_{25} konusundan 273 mm su tüketimiyle 1084 kg/ha ve en yüksek 461 mm su tüketimiyle S_{100} konusundan 2890 kg/ha verim alınmıştır. Ekim sıklığına göre ise en yüksek 30 cm konusundan 2548 kg/ha verim alınmıştır. Su stresine karşı duyarlı tepki veren fasulye, ekim sıra arasının artmasıyla duyarlılığı k_y= 1.22 değerinden k_y= 1.68 değerine yükselmiştir. Artan su stresi 100 tane ağırlığını S_{100} için 29.1 g'dan S_{25} için 23.0 g değerine %21 oranında düşürmüştür. Orta Anadolu şartlarında bodur tipi kuru fasulye çeşitleri için sıra arası ekim mesafesinin 30 cm alınması ve sulamalardan kesinti yapılmadan zamanında uygulanmasıyla, yüksek verim ve su kullanım etkinliği sağlanacaktır.

Anahtar Kelimeler: *Ekim sıklığı, Kuru fasulye, Su stresi, Su kullanım etkinliği, Verim tepki faktörü*

DETERMINATON OF DRY BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.) YIELD AND QUALITY CHARACTERISTICS UNDER DIFFERENT SOWING DENSITY AND WATER STRESS CONDITIONS

ABSTRACT

A field study was conducted to determine the response of dry bean (Phaseolus vulgaris L. Alberto), sowed different intra-row spacing, to different water stress levels in 2015 under semi-arid Kayseri conditions in Turkey. 100% (S_{100}), 75% (S_{75}), 50% (S_{50}) and 25% (S_{25}) of depleted water from soil were applied by a trickle irrigation system to the dry bean sown at 30 cm, 40 cm, 50 cm spaces and double rows at 50 cm space. Plant height, number of nodes and seed protein ratio were not affected from the different water stress and the sowing density treatments. Pod and seed numbers per plant decreased due to moderate and higher water stresses. Due to water stress the lowest seed yield from S_{25} treatment with 273 mm water consumption was 1084 kg/ha and the highest seed yield from S_{100} treatment with 461 mm water consumption was 2890 kg/ha. The highest seed yield from 30 cm treatment was obtained as 2548 kg/ha. The dry bean yield responded to water stress sensitively and the sensitivity increased from k_y= 1.22 to k_y= 1.68 by increasing intra row space. Water use efficiency (WUE) was improved by deficit irrigations but the least water use efficiency was obtained from S_{25} treatment exposed the highest water stress. Water stress caused 21% decreases in 100 seed weight from 29.1 g for S_{100} to 23.0 g for S_{25}. Sowing bush type dry bean like Alberto at 30 cm row space and supplying water requirements in time without deficiency in Middle Anatolian Region will provide high dry bean yield with efficient water use.

Key words: *Dry bean, , Sowing density, Water stress, Yield response factor, Water use efficiency*

GİRİŞ

Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), *Leguminosae* familyası, *Phaseoleae* takımı ve *Papilionoideae* sınıfının bir üyesi (Graham ve Ranelli, 1997), enerji, protein, diyet lifleri ve mineral madde içeren önemli bir besin kaynağı (Singh vd., 1999) ve Dünyada 300 milyondan fazla insanın temel protein kaynağıdır. Taze fasulye A, B1, B2 ve C vitaminlerince zengindir. Fasulyenin hazmedilme oranı %84.1'dir. Bir baklagil bitkisi olan fasulye, tarımda rotasyona sokulması önerilen bitkilerdendir. Köklerindeki bakteriler vasıtasıyla havadaki azotu bağlar. Toprak yapısını iyileştirici özelliklere sahiptir. Fasulye Dünyanın toplam bakliyat gıdasının yarıdan fazlasını arz eder. Dünyada 2013 yılı istatistiklerine göre 23.7 milyon ton kuru fasulye üretilmiştir. Hindistan 4.14 milyon ton ile 1.sırada yer alırken 3.66 milyon ton ile Myanmar 2.sırada, 3.07 milyon ton ile Brezilya 3.sırada, 1.23 milyon ton ile ABD 4.sırada, 1.175 milyon ton ile Çin 5.sırada yer almıştır (URL1). Dünyada yaklaşık 3.1 milyar dolar tutarında fasulye ihracat ve ithalatı yapılmaktadır. Türkiye'de 2013 yılında 215000 ton kuru fasulye üretimi gerçekleştirilmiştir. Türkiye'de 2014 yılı

istatistiklerine göre toplam 0.744 milyon hektar alanda 1.04 milyon ton kuru baklagil üretimi yapılmıştır. Kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) üretimi 0.091 milyon hektarda 235000 ton olup verimi 2510 kg/hektardır (URL2). Nohut ve mercimekten sonra en fazla üretilen baklagil bitkisi olan kuru fasulyenin Türkiye'de toplam ürün değeri 653 milyon TL'dir (URL3). Fasulye üretiminde 1.sırada İç Anadolu Bölgesi yer almaktadır.

Gelişme süresi 60-120 gün süren fasulyenin en yüksek verimi vermesi için gerekli su ihtiyacı iklime bağlı olarak 300-500 mm arasında değişir (Doorenbos ve Kassam, 1986). Çalı tipi fasulye çeşitleri bitki katsayısı (K_c), başlangıç dönemi, orta dönem ve hasat için sırasıyla 0.4, 1.15 ve 0.35'dir. Sırık tipi fasulye için orta dönem bitki katsayısı 1.20 değerine çıkarılmalıdır. Kökleri en fazla 0.9 m derinliğe inen kuru fasulyede sulamalar esnasında etkili kök derinliği 0.6 m alınır ve günlük bitki su tüketiminin 5 mm olduğu dönemde etkili kök bölgesinde toplam tüketilebilir suyun %45'i (p= 0.45) tüketilince sulanabilir (Allen vd., 1998). Toplam gelişme dönemi için fasulye verim tepki faktörü k_y=1.15 olarak belirlenmiş olup su stresine karşı duyarlı bir bitkidir. İhtiyaç duyduğu suyun eksik verilmesi durumunda kesilen su oranına göre daha fazla verim kaybeder. Gelişme dönemlerine göre verim tepki faktörü değişir. Vejetatif gelişme dönemi için k_y= 0.20, çiçeklenme dönemi için k_y= 1.10, bakla ve tane oluşumu dönemi için k_y= 0.70 ve meyve olgunlaşma dönemi için k_y= 0.20 olarak belirlenen fasulyenin suya karşı en hassas olduğu dönem çiçeklenme dönemidir. Bakla ve tane oluşum döneminde de suya hassas olan fasulye, vejetatif gelişme dönemi ve meyve olgunlaşma döneminde su stresine karşı toleranslıdır (Doorenbos ve Kassam, 1986). Uygun çeşit kullanımı, gübreleme, sulama ve bitki koruma önlemleriyle birlikte birim alandan elde edilen fasulye verimi artırılırken verim artışında birim alanda bulunması gereken optimum bitki sayısı da önemlidir. Foto periyoda karşı tepkisi, vejetasyon süresi, bitki habitusu ve büyüme karakterleri bakımından fasulyede çok değişik tiplerin bulunması, diğer kültürel işlemlerin yanında ekim sıklığının da özenle belirlenmesini gerektirir (Özcan ve Özdemir, 1996).

Kuru ve yeşil fasulye ile ilgili ülkemizde ve dünyada yapılmış çok sayıda araştırma bulunmaktadır. Türkiye'de ki araştırmaların büyük bir kısmı çeşitler arası farklılıkların belirlenmesi ve adaptasyon çalışmalarıdır. Çok az sayıda fasulye su ilişkileri ile ilgili çalışma bulunmaktadır. Fasulye ekim sıklığı ve su kullanımı üzerine ise yapılmış herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle bu çalışma önemli bir gıda maddesi olan kuru fasulyenin Orta Anadolu'da sulu tarım koşullarında su kullanımı açısından en uygun ekim sıklığı üzerine kurgulanmıştır.

MATERYAL VE YÖNTEM

Araştırma 2015 yılı yetiştirme döneminde Kayseri Erciyes Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Merkezi (ERÜTAM) kampüs arazisinde yapılmıştır. Karasal iklime sahip olan Kayseri, 1975-2009 yılları için ortalama aylık ve yıllık yağmur miktarları sırası ile 33.1 mm ve 397.1 mm'dir. Uzun yıllık (35 yıl) bazı meteorolojik veriler ve referans evapotranspirasyon değerleri bitki gelişme dönemi için Tablo 1'de (Ünlükara, 2014) ve bazı toprak verileri ise Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 1. Kayseri Uzun Yıllar Hava Elemanları Ortalaması ve Referans Evapotranspirasyon

	RH_{mak}	RH_{min}	T_{min}	T_{mak}	T_{ort}	Gün. Şid.	Gün. Sür.	U	P	ET_o
Aylar	(%)	(%)	(°C)	(°C)	(°C)	(MJ/m^2.gün)	(saat/gün)	(m/s)	(mm/ay)	(mm/gün)
5	95.5	18.3	0.2	29.5	14.8	19.67	8.09	1.43	57.4	4.48
6	93.4	18.1	4.5	33.2	19.0	22.41	10.26	1.32	36.0	5.08
7	88.5	16.8	7.4	36.0	22.4	23.33	11.60	1.30	14.8	5.47
8	90.4	16.9	6.7	35.9	21.9	20.52	11.25	1.20	8.5	4.69

RH_{mak}, RH_{min}: En yüksek ve en düşük bağıl nem; T_{min}, T_{mak}, T_{ort}: En düşük, en yüksek ve ortalama sıcaklık; U: Rüzgar hızı; P: Yağış; ETo: Referans evapotranspirasyon.

Denemede Kanada orjinli Alberto çeşidi kullanılmıştır. Denemede 30 cm, 40 cm, 50 cm ve her 50 cm'de çift sıra olmak üzere 4 farklı ekim sıklığında ekilen kuru fasulyeye etkili kök bölgesinde tüketilen suyun %100'ü (S_{100}), %75'i (S_{75}), %50'si (S_{50}) ve %25'inin (S_{75}) uygulanmıştır. Bu şekilde S_{100} konusu hiç su stresine maruz bırakılmaz iken diğer konular, giderek artan bir su stresiyle karşı karşıya kalmıştır. Birim alanda 30 cm, 40 cm ve 50 cm sıra arası konularında ve çift sıra ekim konusunda sırasıyla 19, 14.3, 11.4 ve 15.2 adet/m^2 bitki bulunmaktadır. Denemede 4 ekim konusu ve 4 sulama konusu olmak üzere toplam 8 konu vardır. Tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde yürütülmüş olan çalışmada bloklar su stresi konularını oluşturmuştur. Bloklar içerisinde 3 tekrarlamalı şekilde ekim sıklığı parselleri yer almıştır. Bitki ekiminden önce deneme alanı pulluk ve kazayağı ile ilkbaharda sürülerek ekime hazırlanmıştır. Dekara saf olarak 4'er kg azot, fosfor (P_2O_5) ve potasyum (K_2O) uygulanmıştır (Doorenbos ve Kassam, 1986).

Tablo 2. Deneme Alanı Topraklarının Bazı Özellikleri

Derinlik	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Bünye	Hacim Ağ. (g/cm^3)	Satur. Yüzdesi (%)	Tarla Kap. (%)	Kireç (%)
0-30 cm	87.0	1.7	11.3	Tınlı ince kum	1.34	43.8	28.4	0.26
30-60 cm	81.5	1.8	16.7	Kumlu tın	1.29	67.7	31.0	0.28
60-90 cm	66.7	23.3	10.0	Kumlu tın	1.29	100.8	33.3	0.28

Fasulyelerin sulanmasında damla sulama sistemi kullanılmıştır. Çapı 16 mm, boyu 19 m ve damlatıcılar arası 33 cm olan lateral borular 60 cm aralıkla yerleştirilmiştir. Damlatıcı debisi 1 bar basınç altında 2 litredir. Lateraller eğim aşağı şekilde döşenmiştir. Denemede derin kuyudan sağlanan sulama suyu hidrosiklon ve disk filtre sisteminden geçirildikten sonra manometre ile basıncı ayarlanarak sabit basınç altında sulama sistemine verilmiştir. Sistemin basınç-debi ilişkisi kullanılarak gerekli su miktarı için sulama süresi hesaplanmıştır. Toprak nem takibi için 503 DR Hydroprobe marka nötron metre kullanılmıştır. Nötron metre kalibrasyonu, ıslak ve kuru havuz yöntemine göre yapılmıştır (Evett, 2007). Deneme başında elde edilen bu kalibrasyon eğrisi yardımı ile nötron metre ölçüm değerleri, hacimsel toprak nemine dönüştürülmüştür. Her bir her bir parselde parsel ortasına yerleştirilen 5 cm dış çapında PVC 10 atm akses boruları içerisinde 20 cm, 40 cm, 60 cm ve 80 cm derinliklerden haftada 2 kez nem ölçümü alınmıştır. Etkili kök bölgesinden tüketilen nem hesaplanmış, deneme konularına göre parsellere uygulanmıştır. Sulamalarda kontrol konusu parsellerine uygulanacak su miktarının hesaplanmasında Eşitlik 1 kullanılmıştır (James, 1988).

$$S = (\theta_{tk} - \theta_i) \cdot D \cdot A \quad (1)$$

Eşitlikte; I her bir parsele uygulanacak sulama suyu miktarı (Litre), θ_{tk} toprağın tarla kapasitesi hacimsel nem içeriği (m^3/m^3), θ_i toprağın sulama öncesi hacimsel nem içeriği (m^3/m^3), D bitki etkili kök derinliği (mm) ve A parsel alanıdır. Lateral boruların sık şekilde yerleştirilmesi nedeni ile ıslatılan alan yüzdesi %100 alınmıştır. Kontrol konusunda tarla kapasitesinden itibaren tüketilen su, S_{100} konularına tamamen uygulanırken diğer konulara bu uygulanan suyun S_{75}, S_{50} ve S_{25} konularına sırasıyla %75, %50 ve %25'i uygulanmıştır. Haftada 2 kez sulama yapılarak kontrol konularının su stresine girmeden sulanması gerçekleştirilmiştir. Sulamalarda yüzeyden itibaren 50 cm derinliğe kadar kök bölgesi dikkate alınmıştır. Gelişme dönemi boyunca bitki tarafından tüketilen su, kök bölgesi su bütçesi yöntemine göre Eşitlik 3 yardımıyla hesaplanmıştır (James, 1988).

$$ET = P + S \mp \Delta S - d_p \quad (2)$$

Eşitlikte; ET bitki evapotranspirasyonu (mm), S parsellere uygulanan sulama suyu miktarı (mm), P etkili yağış (mm), ΔS ekim ve hasat toprak depo nem farkı (mm) ve d_p ise kök bölgesi altına sızan su miktarıdır (mm). Bu çalışmada nötron metre vasıtasıyla yapılan ölçümler yardımıyla toprak suyunun belirgin şekilde tüketildiği derinlikler gözlemlenmiştir. Etkili kök derinliği altında bulunan 50-90 cm arası katmandaki nem artışları, derine sızma olarak dikkate alınmıştır. Deneme alanına düşen yağış ve diğer hava elemanları Erciyes Üniversitesi Araştırma Uygulama Merkezi (ERÜTAM) kampüs arazisine kurulmuş olan meteoroloji istasyonundan ve Kayseri Meteoroloji Bölge Müdürlüğünden temin edilmiştir. Üretilen kuru fasulye miktarının (kg) tüketilen sulama suyuna (m^3) oranlanmasıyla sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ve toplam su tüketimine (m^3) oranlanmasıyla su kullanım etkinliği (WUE) hesaplanmıştır. Hava şartlarının bitki su tüketimi üzerine olan talebini yansıtmak için kullanılan ve bizzat bitki su tüketimi tahminlerinde hava şartlarının ortak etkisini gösteren referans evapotranspirasyon, günlük olarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Allen vd., 1998).

$$ET_o = \frac{0.408\,\Delta(R_n - G) + \gamma \frac{900}{T+273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34\,u_2)} \quad (3)$$

Eşitlikte, ET_o referans evapotranspirasyon (mm/gün), Δ doygun buhar basıncı eğrisinin eğimi (kPa $^\circ C^{-1}$), R_n referans yüzeye gelen net güneş radyasyonu (MJ m^{-2} $gün^{-1}$), G toprak ısı akısı (MJ m^{-2} $gün^{-1}$), γ psikrometrik sabit (kPa $^\circ C^{-1}$), T ortalama günlük sıcaklık ($^\circ C$), u_2 2 m yükseklikte rüzgâr hızı ($m.s^{-1}$), e_s doygun buhar basıncı (kPa) ve e_a güncel buhar basıncını (kPa) göstermektedir. Eşitlikte yer alan tüm parametreler FAO-56 Penman-Monteith yöntemine göre hesaplanmıştır (Allen vd., 1998). Yer yüzeyine ulaşan solar radyasyonun hesaplanmasında gerekli Angstrom katsayıları Ünlükara (2014)'den alınmıştır.

Bitki su tüketimindeki nispi azalma ile verimdeki nispi azalma arasındaki ilişki verim tepki faktörü (k_y) ile ifade edilmektedir. Verim tepki faktörü 1'in üzerinde olduğunda bitki su stresine karşı duyarlı ve 1'in altında olduğunda ise su stresine karşı toleranslıdır. Kullanılan fasulye çeşidinin kuraklığa karşı toleransı bu verim tepki faktörü ile değerlendirilmiştir. Tüm gelişme dönemi ve ekim konuları için verim tepki faktörü aşağıdaki ilişkiden elde edilmiştir (Doorenbos ve Kassam, 1986).

$$1 - \frac{Y_a}{Y_m} = k_y \cdot \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (4)$$

Eşitlikte; Y_m su stresi yaşamayan kontrol konusundan elde edilen en yüksek verim (kg/ha), Y_a su stresi yaşayan konulardan elde edilen verim (kg/ha), ET_m kontrol konusunda belirlenen en yüksek bitki su tüketimi (mm) ve ET_a su stresi konuları bitki su tüketimi (mm) ve k_y ise verim tepki faktörüdür.

Hasatta her bir su stresi konusu altında her bir ekim sıklığından 10 bitkinin toplam biyokütlesi ve dane verimi belirlenmiştir. Tesadüfen seçilmiş olan bu bitkiler üzerinde bakla sayısı, bakla başına tane sayısı, bitki başına dal sayısı, boğum sayısı ve bitki boyu değerleri saptanmıştır. Bitki boyu, kök boğazından dal uçlarına kadar şerit metre ile ölçülmüştür. Birim alandan elde edilen verim kenar tesirleri çıkarıldıktan sonra hasat edilen tüm parsel alanından dekara kilogram olarak hesaplanmıştır. Her bir konuda 3 ayrı örnek üzerinden 100 tane ağırlığı belirlenmiştir. Tanelerin protein içeriği Kjeldahl yöntemi ile azot analizinden tayin edilmiştir.

Deneme desenine göre sonuçlar Varyans Analizine tabi tutulmuş ve aralarında önemli fark bulunan konuların sınıflandırılmasında Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır. Tüm istatistik analizler SPSS istatistik analiz paket programı yardımıyla yapılmıştır.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Sulama ve bitki su tüketimi

Yağışlar nedeniyle ilk sulama 2 Temmuz 2015 tarihinde yapılmış ve hasattan 12 gün önce 7 Ağustos 2015 tarihine kadar sulamalara devam edilmiştir. Haftada 2 defa olmak üzere toplam 10 kez sulanma yapılmıştır. Hava elemanlarına ilişkin veriler ve aylara göre referans evapotranspirasyon değerleri (ET_o) Tablo 3'te verilmiştir. Kayseri'de 35 yıllık ortalamalara göre günlük ortalamalar şeklinde ET_o değerleri mayıs, haziran, temmuz ve ağustos aylarında sırasıyla 4.54 mm, 5.04 mm, 5.50 mm ve 4.65 mm'dir (Ünlükara 2014). Tablo 3'deki değerler uzun yıllık ortalamalar ile karşılaştırıldığında referans evapotranspirasyonun normal değerlerin altında seyrettiği görülmektedir. Dolayısıyla denemenin yapıldığı 2015 yılında bitki su tüketimi açısından hava şartları daha hafif geçmiştir. Bu durumda uzun yıllara göre bitki su tüketiminin de daha düşük olacağı anlamında gelmektedir.

Tablo 3. Yetiştirme Dönemi Bitki Su Tüketimi Hava Elamanları ve Referans Evapotranspirasyon (ET_o)

	T_{mak} (°C)	T_{min} (°C)	T_{ort} (°C)	RH_{ort} (%)	U (m/s)	N (h/gün)	n (h/gün)	P (mm)	ET_o (mm/gün)
Mayıs	22.9	7.8	15.4	59.7	1.3	14.2	8.4	5.2	3.86
Haziran	25.5	10.7	18.1	66.9	1.2	14.7	8.5	98.8	3.90
Temmuz	31.0	12.9	22.0	48.2	1.1	14.4	11.4	0.5	4.80
Ağustos	32.1	15.1	23.6	48.7	1.1	13.4	11.1	9.6	4.07

N: Aylık ortalama gündüz süresi, n: Aylık ortalama güneşlenme süresi.

Ekimden hasada kadar kök bölgesi toprak nemi takip edilmiştir (Şekil 1). S_{50} ve S_{25} konularında kök bölgesi toprak nemi hasada doğru özelikle 208.günden sonra belirgin şekilde düşüş göstermiştir. Yağış, sulama ve toprak depo nem farkı dikkate alınarak su bütçesi eşitliği yardımıyla fasulye bitkisinin konulara göre su tüketimi (ET_c) hesaplanmıştır (Tablo 4). Konulara göre bitki su tüketimi önemli derecede farklı çıkmıştır. En yüksek bitki su tüketimi bitkilere suyun tam olarak uygulandığı S_{100} konusunda gerçekleşmiş ve su uygulama oranına bağlı olarak bunu S_{75}, S_{50} ve S_{25} konuları takip etmiştir. S_{100} konusunda 461 mm su tüketimi meydana gelirken, S_{25} konusunda 273 mm ile en düşük su tüketimi oluşmuştur (Tablo 4). Su ihtiyacı tamamen karşılanan S_{100} konusuna göre S_{75}, S_{50} ve S_{25} konularında bulunan bitkiler yaklaşık %14, %25 ve %41 oranında daha az su tüketmiş ve dolayısıyla bu oranlarda su stresine maruz kalmışlardır. Buna göre en az su uygulanan S_{25} konusunda bile bitki su ihtiyacının %59'u karşılanırken ancak %41'i eksik karşılanmıştır.

Şekil 1. Su stresi konulara göre sulama öncesi hacimsel toprak nem değişimi

S_{100}, S_{75}, S_{50} ve S_{25} konularında bitki su tüketiminin sırasıyla %29, %33, %38 ve %49'u yağışlarla karşılanırken sulamayla aynı sırayla %64, %57, %44 ve %29'u karşılanmıştır. Tablo 4'ten görülebileceği gibi su kısıntısının nispeten daha yüksek olduğu konularda (S_{50} ve S_{25}) sulamanın payı düşük ancak yağışların payı daha yüksektir. Bu konularda toprakta depo edilen suyun kullanım oranı daha fazladır. Dolayısıyla bu konularda toprak nemi daha aşağılara düşmüştür (Şekil 1).

Tablo 4. Konulara Göre Fasulye Su Tüketimi ve Su Bütçesi Elemanları

	P (mm)	S (mm)	ΔS (mm)	ET_c (mm)
S_{100}	132.8	294	35	461 a
S_{75}	132.8	225	39	394 b
S_{50}	132.8	152	60	343 c
S_{25}	132.8	81	60	273 d

P: Yağış (mm), S: Sulama (mm), ΔS: Toprak depo nem farkı (mm), ET_c: Bitki su tüketimi (mm)

Gelişme dönemi 90-100 gün arasında olan kuru fasulye için toprak, iklim ve çeşitlere bağlı olarak net su gereksinimi 350-500 mm arasında değişir (Allen vd., 2000). Yarı kurak iklim şartlarında 6 fasulye çeşidi ile yapılan bir çalışmada su ihtiyacının tam olarak karşılandığı konularda kuru fasulye su tüketiminin 1.yıl çeşitlere bağlı olarak 318-457 mm ve 2.yıl 369-548 mm arasında değiştiği saptanmıştır (Munoz-Perea vd., 2007). Fasulyenin en yüksek su tüketimi Tekirdağ koşullarında 732 mm (Şehirali vd., 2005), Ankara koşullarında 696 mm (Yıldırım, 1994), Çanakkale koşullarında 804 mm saptanmıştır. Yeşil fasulyede ise Ankara koşullarında 1.ve 2.yıllarda 570 mm ve 593 mm, Akdeniz Bölgesinde en yüksek 338 mm (Sezen vd., 2005) belirlenirken bir diğer çalışmada Akdeniz koşullarında 1.yıl 400 mm ve 2.yıl 475 mm (Sezen vd., 2008) belirlenmiştir. Carioca 80-SH çalı tipi fasulye çeşidinde bitki evapotranspirasyonu, birim alanda 14 bitki/m^2 bulunan konularda 339 mm ve 28

bitki/m^2 bulunan konularda ise 325 mm belirlenmiştir (Medeiros vd., 2001). Kayseri'de denemenin yürütüldüğü 2015 yılında kuru fasulye gelişme dönemi boyunca atmosfer buharlaştırma talebinin uzun yıllar ortalamasının altında olması, bölgesel farklılıklar, bitki çeşidi, kültürel uygulamalardaki farklılıklar ve araştırma yöntemlerindeki farklılıklar nedeniyle diğer çalışmalardan elde edilen su tüketimi değerlerinden farklı olmasına karşın bu çalışmalarda belirtilen su tüketimi sınırları içerisinde yer almıştır. Ancak tam sulama şartlarında 461 mm olarak belirlenen su tüketimi, Türkiye'de diğer bölgelerde kuru fasulye için saptanan su tüketim değerlerinden genelde daha düşüktür.

Bitki gelişimi, verim unsurları, verim ve kalite

Bodur formda Alberto fasulye çeşidinin 33.6 cm olan ortalama bitki boyu 17.4-55.7 cm arasında ve dal sayıları ortalama her bitkide 2.1 adet dal bulunmuş olup bu sayı 1.7 ile 3.0 adet arasında değişim göstermiştir. Bitki boyundaki ve dal sayılarındaki söz konusu değişim üzerine farklı sulama uygulamalarının ve farklı sıra arası ekim uygulamalarının etkileri önemli bulunmamıştır (Tablo 5). Adana'da 15 farklı fasulye çeşit ve popülasyon ile yürütülen çalışmada bodur fasulye formunda bitki boyunun 38.6-50.7 cm arasında ve sarılıcı formunda ise 89.8-143.1 cm arasında değiştiği bildirilmiştir (Anlarsal vd., 2000). Bitki boyunun Samsun'da 6 farklı fasulye genotipi için 17.70-103.0 cm arasında (Pekşen ve Gülümser, 2005), Tokat koşullarında 12 fasulye çeşidi için 22-67 cm arasında (Akdağ ve Şahin, 1994) arasında değiştiği saptanmıştır. Bodur formda bir fasulye tipi olan Alberto çeşidinin bitki boyu, bodur fasulye çeşitleri için verilen boy değerleri ile uyumlu bulunmuştur. Erzurum'da fasulye bitkisinin dal sayısı ortalama 4.4 adet, Pasinler'de 3.7 adet (Elkoca ve Kantar, 2004), Erzincan'da 2.1-3.1 adet ve Hınıs'ta 2.1-3.2 adet (Babagil vd., 2011), Adana'da 15 farklı fasulye çeşidi ve popülasyonunun bodur formları için 6.3-10.2 adet ve sarılıcı formları için 5.5-9.8 adet (Anlarsal vd., 2000) arasında değiştiği belirtilmiştir. Fasulyede bitki dal sayısı çeşitlere ve ekim derinliğine göre değişmektedir (Çevik, 2006). Bu çalışmada belirlenen dal sayılarının biraz daha düşük olduğu gözlenmiştir.

Tablo 5. Bazı Bitki Gelişim Verileri, Verim, Verim Unsurları ve Kalitesi, Bitki Su Kullanım Etkinliği

		Bitki Boyu (cm)	Dal Sayısı	Bakla Sayısı	Bakla Tohum Sayısı	Bitki Tohum Sayısı	100 Tane Ağ.(g)	Protein Oranı (%)	Verim (kg/ha)	IWUE (kg/m^3)	WUE (kg/m^3)
Sulama Konuları	S_{100}	35.0	2.05	19.5 a*	4.2 a	81.4 a	29.1 a	18.0	2890 a	0.96 b	0.62 a
	S_{75}	32.7	2.13	15.1 b	4.1 a	62.1 b	27.8 a	16.6	2149 b	0.92 b	0.52 a
	S_{50}	37.0	2.23	17.7ab	4.2 a	74.9ab	25.9 b	17.5	2169 b	1.40 a	0.61 a
	S_{25}	29.5	1.96	9.5c	3.7 b	36.3 c	23.0 c	16.9	1084 c	1.34 a	0.40 b
Ekim Konuları	30 cm	31.4	2.13	12.9	4.0	61.4	26.8	17.2	2548 a	1.49 a	0.68 a
	40 cm	35.9	2.05	15.3	4.0	62.6	26.0	17.6	2141ab	1.17 b	0.56 ab
	50 cm	34.0	2.15	15.1	4.1	73.5	26.8	17.4	1818 b	1.01 b	0.48 b
	Çift sıra	32.4	2.04	17.5	4.1	52.5	26.1	16.7	1586 b	0.94 b	0.43 b
	Ortalama	33.6	2.10	15.4	4.05	61.0	26.4	17.2	2048	1.15	0.54

* Verilerin yanında yazılmış olan harfler, varyans analizi sonucu önemli bulunan sonuçların yanına yazılmış olup Çoklu Karşılaştırma Sonucu gruplarını göstermektedir.

Birçok araştırıcı tarafından fasulyede tane verimini etkileyen en önemli morfolojik verim unsurunun bitki başına bakla sayısı olduğu bildirilmiştir (Duarte ve Adams, 1972; Şehirali, 1980; Kurek vd., 2001). Kuru fasulye bitkisinde bakla sayısı ve bakla tane sayısı artarken bitki başına verim de artmaktadır (Yılmaz vd., 2014). Bu çalışmada bir bitkide ortalama 15.4 adet bulunan bakla sayısı 6.7 ile 27.4 arasında değişim göstermiştir. Bakla sayısındaki bu değişim üzerine farklı su uygulamalarının etkisi önemli bulunmuş fakat bitki sıra arası mesafelerinin etkisi önemli bulunmamıştır. S_{100}, S_{75}, S_{50} ve S_{25} konularında bitki başına bakla sayısı sırasıyla 19.5, 15.1, 17.7 ve 9.5 adet olarak saptanmıştır (Tablo 5). Bitki su ihtiyacından %41 kadar kesinti uygulanan bu S_{25} konusunda bakla sayısında S_{100} uygulamasına göre %49 oranında azalma meydana gelmiştir. Orta ve daha yüksek su kısıntısı, fasulye bakla sayısında çarpıcı şekilde düşüşlere neden olmuştur. Tekirdağ'da yapılan bir çalışmada da benzer bir sonuç elde edilmiştir. Söz konusu araştırmada tam sulamayla 731 mm su tüketen S_1 konusuna göre %57 ve altında su tüketiminin gerçekleştiği konularda bitki bakla sayısının azaldığı belirlenmiştir (Şehirali vd., 2005). Çift sıra ekim ve sıra arası 30 cm, 40 cm, 50 cm ekim için bitki bakla sayısı sırasıyla 12.9, 15.3, 15.1 ve 17.5 adet olarak saptanmıştır. Sıra arası ekim mesafesine göre bu araştırmada bakla sayında bir değişim görülmemesine karşın Van Gevaş'ta Şeker kuru fasulye çeşidi için ortalama 21.8- 27.2 adet olan bitki bakla sayısının artan sıra arası mesafesine paralel şekilde arttığı ifade edilmiştir (Karakuş vd., 2005).

Bakla içerisindeki tane sayısı ortalama 4.05 adet olup bakla tohum sayısı 3.4 ile 4.6 adet arasında değişmiştir. Su stresi bakladaki tohum sayısı üzerine önemli derecede ($p<0.01$) etkili olmuş ancak bitki sıra arası mesafelerinin ve çift sıra ekimin etkisi önemli bulunmamıştır. Çift sıra ekim, sıra arası 30 cm, 40 cm ve 50 cm ekim için bakla tohum sayısı sırasıyla 4.0, 4.0, 4.1 ve 4.1 adet saptanmıştır (Tablo 5). S_{100}, S_{75}, S_{50} ve S_{25} sulama konularında bakla başına tohum sayısı sırasıyla 4.2, 4.1, 4.2 ve 3.7 adet saptanmıştır (Tablo 5). S_{25} konusunda bakladaki tohum sayısı diğer konulardan daha düşüktür. S_{100} konusuna göre bu konuda bakla tohum sayısı %10.5 oranda azalmıştır. Alberto çeşidi fasulyede bitki su ihtiyacının %25 ve üzerinde kesilmesi, bakla içerisindeki tohum sayında azalmaya yol açmıştır. Yapılan bir başka çalışmada da bakla içerisindeki tane sayısının yaklaşık bitki su ihtiyacından %40 ve üzerinde kısıntı yapılması durumunda azaldığı belirtilmiştir (Şehirali vd., 2005).

Farklı 55 adet kuru fasulyede genotipi için bakla içerisindeki tohum sayısının 1.87-4.65 adet arasında değiştiği belirtilmiştir (Düzdemir ve Akdağ, 2001). Alberto fasulye çeşidinin bakla tane sayısının bu değerlere göre üst sıralarda olduğu görülmektedir. Bitki başına tohum sayıları da bakla sayılarına ve bakla içerisindeki tohum sayılarına paralel bir değişim sergilemiştir (Tablo 3). S_{100}, S_{75}, S_{50} ve S_{25} sulama konularında bitki tohum sayısı sırasıyla 81.4, 62.1, 74.9 ve 36.3 adet belirlenmiştir. Çift sıra ekim ve sıra arası 30 cm, 40 cm ve 50 cm konularında bitki tohum sayısı sırasıyla 61.4, 62.6, 73.5 ve 52.5 adet belirlenmiş olup bitki ekim konuları bitki tane sayısında önemli bir değişikliğe yol açmamıştır. Tekirdağ'da yürütülen su stresi çalışmasında farklı sulama uygulamalarının bitki tohum sayısını azalttığı belirtilmiştir (Şehirali vd., 2005). Toprakta toplam kullanılabilir nemin yarısından fazlasının tüketilmesi durumunda da bitki tohum sayısının azaldığı bildirilmiştir (Güvenç, 1993). Tüm gelişme dönemi boyunca toplam kullanılabilir nemin %50'si tüketildiği zaman yapılan sulama uygulamalarından bitki başına en fazla 69.9 adet tane alınırken toplam kullanılabilir nemin %75'i tüketildiği zaman yapılan sulama uygulamalarından 40.4 adet ile en az tohum elde edilmiştir (Güvenç, 1993).

Hasat edilen kuru fasulyenin kalite kriterlerinden birisi olan 100 tane ağırlığı 20.5 g ile 31.4 g arasında değişmiştir. 100 tane ağırlığı üzerindeki bu değişim üzerine farklı su uygulamalarının etkisi önemli bulunmuştur ($p<0.01$). Kuru fasulye bitkisinde farklı sulama konularından en yüksek 100 tane ağırlığı S_{100} konusundan 29.1 g elde edilirken en düşük S_{25} konusundan 23.0 g elde edilmiştir (Tablo 5). S_{25} konusuna göre S_{100}, S_{75} ve S_{50} konularında 100 tane ağırlığı sırasıyla %26, %21 ve %13 oranında daha yüksektir. Tam sulama ve hafif su stresi şartlarında 100 tane ağırlığı daha yüksek ve dolayısıyla tohumlar daha iridir. Orta düzeyde su stresi 100 tane ağırlığında tam sulamaya göre %21 kadar düşüşe neden olmuştur. Alberto çeşidi fasulyede verim ve tohum iriliği açısından en iyi sonuçlar bitki su ihtiyacının tam olarak karşılanmış olduğu S_{100} konusundan elde edilmiştir. Yapılan bazı çalışmalarda da fasulye bitkisinde su stresinin 100 tane ağırlığını düşürdüğü ifade edilmiştir (Şehirali vd., 2005). Söz konusu çalışmada tane ağırlığı %100 sulanan konuya göre sulanmayan konuda %34.3 daha düşük bulunmuştur (Şehirali vd., 2005). Toprakta tutulan toplam kullanılabilir nemin farklı tüketim oranlarında sulanması sonucu da 100 tane ağırlığının etkilendiği bildirilmiştir (Kınacı vd., 2008). Sulama uygulamalarının tüm dönemlerde toplam kullanılabilir nemin %75'inin tüketilmesiyle uygulanması sonucunda en düşük 100 tane ağılıkları (42.4-46.0 g) elde edilirken sulama uygulamalarının çiçeklenme öncesinde toplam kullanılabilir nemin %50'si ve çiçeklenme sonrasında %50'si veya %25'inin tüketilmesiyle yapılması sonucunda en yüksek 100 tane ağırlıkları (47.1-51.7 g) elde edilmiştir (Güvenç, 1993).

Hem su stresi hem de sıra arası ekimi, kuru fasulye verimini önemli derecede etkilemiştir (Tablo 5). Su stresi ile sıra arası ekim konuları etkileşimi, kuru fasulye verimini önemli düzeyde etkilememiştir. En fazla verim tam sulama uygulamasında (S_{100}) 2890 kg/da elde edilirken en düşük verim en yüksek su stresinin uygulandığı S_{25} konusundan 1084 kg/ha elde edilmiştir. S_{75} ve S_{50} konularından ise orta sıralarda 2149 ve 2169 kg/ha kuru fasulye verimi alınmıştır. S_{100} konusuna göre S_{75}, S_{50} ve S_{25} konularında bitki su tüketimi yaklaşık %14, %25 ve %41 oranında daha az gerçekleşirken buna karşılık aynı konularda verim kaybı %26, %25 ve %63 oranında gerçekleşmiştir. İhtiyacı olan sudan yapılan kesinti oranından daha yüksek oranda fasulyenin verim kaybetmesi, bu bitkinin suya karşı hassasiyetini ortaya koymaktadır. Farklı sıra arası ve çift sıra ekimler dikkate alındığında en yüksek kuru fasulye verimi 30 cm konusundan 2548 kg/ha elde edilirken en düşük verim çift sıra ekim ve 50 cm ekim konusundan sırasıyla 1586 kg/ha ve 1828 kg/ha elde edilmiştir. Sıra arası 40 cm konusundan ise 2141 kg/ha verim alınmıştır. En düşük verimin alınmış olduğu çift sıra ekimine göre sıra arası 30 cm, 40 cm, 50 cm konularındaki verim artışı sırasıyla %61, %35 ve %15'dir.

Sıcak ve yarı kurak iklim şartlarında 6 farklı fasulye çeşidinde su stresi stres uygulanmayan konularda kuru fasulye veriminin çeşitlere göre 1.yıl 1407-2162 kg/ha ve 2.yıl 3312-4031 kg/ha arasında değiştiği bildirilmiştir (Munoz-Perea vd., 2007). Tekirdağ koşullarında sıra arası 50 cm ve sıra üstü 25 cm ekim normunda 732 mm, 598 mm, 437 mm, 313 mm ve 186 mm su tüketimi için sırasıyla 2377 kg/ha, 2070 kg/ha, 1617 kg/ha, 1000 kg/ha ve 367 kg/ha ürün elde edilmiştir (Köksal vd., 2010). Orta Anadolu'nun yarı kurak şartlarında iki ayrı lokasyonda 6 kez sulama yapılarak yetiştirilen 19 fasulye genotipinden 1630-4770 kg/ha arasında değişen ortalama 3470 kg/ha tane verimi elde edilmiştir (Ülker ve Ceyhan, 2008).

Kayseri'de yapılan bu çalışmada bulunan sonuçların aksine bir başka çalışmada 1 m^2 alanda 14 fasulye olan konudan alınan 2126 kg/ha olan kuru fasulye veriminin birim alanda 28 bitki olan konudan alınan 2130 kg/ha olan verimden farklı olmadığı dolayısıyla birim alandaki bitki yoğunluğunun verimi etkilemediği belirtilmiştir (Medeiros vd., 2001). Buna karşılık Van'ın Gevaş ilçesinde Şeker fasulye çeşidinden 40, 50, 60 ve 70 cm sıra arası ekim için en yüksek verim (2788 kg/ha) 50 cm sıra arası ekiminden elde edilmiştir (Karakuş vd., 2005). Erzurum koşullarında ise 20, 40, 60 ve 80 cm sıra arası mesafeleri için en yüksek tane verimi (1260 kg/ha) 40 cm sıra arası ekim konusundan elde edilirken (Akçin, 1973) bir başka çalışmada 30, 45 ve 60 cm farklı sıra arası ekim konularından en yüksek tane verimi 30 cm ekim konusundan elde edilmiştir (Dwivedi vd., 1994). Fransa'da yapılan bir çalışmada bitki sıra arasının 40 cm'den 20 cm'ye düşürülmesiyle karlılığın %8 arttığı saptanmıştır (Bourillet, 1989). Ekim sıklığının 75 cm'den 25 cm'ye düşürülmesi durumunda fasulye tane veriminde %44-52 arasında artışlar olduğu belirlenmiştir (Grafton vd., 1988). Bir başka çalışmada sıra arası 20 cm ekimden 30 cm ekime göre %36 daha yüksek verim alınacağı (Das vd., 1996) bildirilmesine karşın diğer bir araştırmada en yüksek kuru fasulye veriminin 30 cm sıra arası konusundan alınacağı bildirilmiştir (Koli vd., 1996).

Fasulyede önerilen ekim yoğunluğu üretim sistemine ve fasulye gelişme tipine göre değişir. Verimi artırmak için çalı tipi fasulyede, yarı sarılıcı ve sarılıcı tiplere göre daha sık bitki yoğunluğu gerekmektedir (Nienhuis ve Singh, 1985). Kuru fasulyede önerilen ekim yoğunluğu, bitkinin kapladığı alana, verim ile bitki yoğunluğu ilişkisine, tohum çimlenme-çıkış yüzdesine, tohum maliyetine ve çevreye bağlı olarak değişebilir

(Shirtliffe ve Johnston, 2002). Yapılan bu çalışmada olduğu gibi yukarıda sonuçları verilen diğer çalışmalar dikkate alındığında bodur fasulye çeşitlerinde 30 cm gibi sık ekimlerin daha avantajlı olduğu öne çıkmaktadır.

Verim tepki faktörü ve su kullanım etkinliği

Bitki su tüketimindeki oransal azalmaya ($\Delta ET/ET_m$) karşılık verimdeki oransal azalmayı ($\Delta Y/Y_m$) ilişkilendiren verim tepki faktörü (k_y) Şekil 2'de gösterilmiştir. Bitki sıra arası mesafesinin artmasıyla birlikte birim alandaki bitki sayısı azalmış ve tek bir bitkiden elde edilen verim Tablo 5'de sunulduğu gibi bir miktar artmasına karşılık birim alandan elde edilen verim azalmıştır. Şekil 2'deki ilişkilerden de görülebileceği gibi verim tepki faktörü 30 cm için k_y= 1.22, 40 cm için k_y= 1.53, 50 cm için k_y= 1.68 ve çift sıra için ise k_y= 1.29 şeklinde saptanmıştır. Bitki sıra arası mesafe arttıkça bitkinin suya olan duyarlılığı da artmış ve daha yüksek oranda verim kaybı yaşanmıştır. Artan sıra arasıyla birlikte bitkinin suya karşı olan duyarlılığının artışının nedeni, bitki evapotranspirasyonunun evaporasyon bileşeninin artması buna karşın transpirasyon bileşeninin azalmasından kaynaklandığı söylenebilir. Dar sıra arası konularında toprak yüzeyinin büyük bir kısmının bitki kanopisi tarafından gölgelenmesi sonucu toprak evaporasyonu azaltırken sıra aralarının açılmasıyla birlikte doğrudan güneşlenmenin etkisiyle toprak evaporasyonu artmaktadır. Tüm gelişme dönemi için kuru fasulye verim tepki faktörünün k_y= 1.15 olduğu ve bu nedenle su stresine karşı hassas bir bitki olduğu ifade edilmiştir (Doorenbos ve Kassam, 1986). Tekirdağ'da yapılan bir araştırma sonucunda kuru fasulye için verim tepki faktörü k_y= 1.04 saptanmıştır (Şehirali vd., 2005). Yeşil fasulye için verim tepki faktörünün k_y= 1.23 olduğu bildirilmiştir (Sezen vd., 2005). En yüksek kuru fasulye veriminin elde edildiği sıra arası 30 cm konusu için k_y= 1.22 değeri dikkate alındığında bu değerin yukarıda verilen literatür değerlerine çok yakın olduğu görülmektedir.

Farklı su stresi uygulamaları sonucunda elde edilen ürün miktarının uygulanan sulama suyuna oranlanmasıyla sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ve toplam su tüketimine oranlanmasıyla ise su kullanım etkinliği (WUE) hesaplanmıştır. IWUE ve WUE değerleri Tablo 5'te gösterilmiştir. Farklı su stresi uygulamaları ve farklı sıra arası ekim konuları bitki sulama suyu kullanım etkinliği ile su kullanım etkinliğini önemli derecede etkilemesine karşılık bu iki faktörün etkileşimi önemli bulunmamıştır. Uygulanan sulama suyuna karşılık en yüksek S_{50} ve S_{25} konularından sırasıyla IWUE= 1.43 kg/m^3 ve 1.34 kg/m^{3}değerleri elde edilmiştir. S_{100} ve S_{75} konularında sulama suyu kullanım etkinliği ise 0.98 ve 0.96 kg/m^3'tür. Tüketilen tüm su dikkate alındığı zaman ise S_{100}, S_{75} ve S_{50} konularının suyu en iyi şekilde kullandığı görülmekte olup WUE değerleri bu konularda sırasıyla 0.63, 0.54 ve 0.63 kg/m^3'tür. Buna karşın S_{25} konusunun su kullanım etkinliği 0.40 kg/m^3 oranında kalmıştır. Fasulyenin farklı sıra arası ekim mesafeleri açısından hem sulama suyunu hem de tüketmiş olduğu tüm suyu ürüne dönüştürme açısından en iyi sonuçları 30 cm konusu vermiştir. Sıra arası 30 cm konusunda uygulanan 1 m^3 sulama suyuna karşılık 1.49 kg (IWUE) ve tüketilen 1 m^3 suya karşılık ise 0.68 kg kuru fasulye elde edilmiştir (WUE). Çift sıra ekim konusunda bu değerler sırasıyla IWUE= 0.94 kg/m^3 ve WUE= 0.43 kg/m^3'tür. Bir diğer en düşük IWUE ve WUE değerleri 50 cm sıra arası konusundan sırasıyla 1.03 kg/m^3 ve WUE= 0.48 kg/m^3 elde edilmiştir. Sıra arası 40 cm olan konularda su kullanım etkinliği bu iki grup arasında yer almakta olup bu konu için IWUE= 1.17 kg/m^3 ve WUE= 0.56 kg/m^3'tür. Bu sonuçlara göre verim açısından toprak ve su potansiyeli en iyi şekilde 30 cm ekim konusu tarafından değerlendirilmiştir.

Çeşitli araştırmalarda kuru fasulyenin su kullanım etkinliği 0.3-0.6 kg/m^3 arasında değiştiği ifade edilmiştir (Doorenbos ve Kassam, 1986; Mahlooji vd., 2000). Kuru fasulye su kullanım etkinliği çeşitlere göre değişmektedir. Su stresi olmayan şartlarda 6 farklı fasulye çeşidi için 1. ve 2.yıllarda su kullanım etkinliği 0.34-0.54 kg/m^3 ve 0.67-1.09 kg/m^3 arasında değiştiği saptanmıştır (Munoz-Perea vd., 2007). Bir başka çalışmada fasulyenin su stresi altında su kullanım etkinliğinin değişmediği bildirilmiştir. İlk yıl 1 m^2 alanda 10.5 bitki ve ikinci yıl 33.3 bitkinin bulunduğu ifade edilen söz konusu çalışmada 1.yıl WUE= 0.26 kg/m^3 ve 2.yıl WUE= 0.34 kg/m^3 şeklinde belirlenmiş ve her iki yıl arasındaki bu farkın muhtemelen birim alandaki bitki sayısının artmasından ve 2.yıl bir miktar yeraltı suyu katkısından dolayı olduğu ifade edilmiştir (Webber vd., 2006).

KAYNAKLAR

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998), "Crop evapotranspiration. Guidelines for computing crop water requirements", FAO Irrigation and Drainage Paper 56, Rome.

Allen, R.G., Yonts, C.D., Wright, J.L. (2000), "Irrigation to maximize bean production and water use efficiency", In Singh S.P. (Ed.), Bean Research, Production and Utilization. Proceeding Idaho Bean Workshop. University of Idaho, Moscow, pp 71-92.

Akçin, A. (1973), "Erzurum şartlarında yetiştirilen kuru fasulye çeşitlerinde gübreleme, ekim zamanı ve sıra aralığının tane verimine etkisi ile bu çeşitlerin bazı fenolojik, morfolojik ve teknolojik karakterleri üzerine bir araştırma", Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 4 (2), pp.65-76.

Anlarsal, A. E., Yücel, C., Özveren, D. (2000), "Çukurova koşullarında bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşitlerinde tane verimi ve verimle ilgili özellikler ile bu özellikler arası ilişkilerin saptanması", Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 24, pp.19-29.

Babagil, G. E., Tozlu, E., Dizikısa, T. (2011), "Erzincan ve Hınıs ekolojik koşullarında yetiştirilen bazı kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi", Journal of Agricultural Faculty of Atatürk Üniversitesi, 42(1),11-17.

Bourillet, D. (1989), "Sowing beans. Narrower row spacing", Unilec infarmations, 63, pp.16-17.

Çevik, M. (2006), "Kuru Fasulye Çeşitlerinde Farklı Ekim Derinliklerinin Verim ve Bazı Verim Unsurları ile Kalite Üzerine Etkileri", Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Konya.

Düzdemir, O., Akdağ, C. (2001), "Türkiye kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) gen kaynaklarının karakterizasyonu: II.verim ve diğer bazı özellikleri", GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 18(1), pp.101-105.

Elkoca, E., Kantar, F. (2004), "Erzurum ekolojik koşullarına uygun erkenci ve yüksek verimli kuru fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) genotiplerinin belirlenmesi", Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 35(3-4), pp.137-142.

Das, S.N., Mukherjee, A.K., Nanda, M.K. (1996), "Effect of dates of sowing and row spacings on yield attributing factors of different varieties of French bean". Agricultural Science Digest Karnal, 16(2), pp.130-132.

Duarte, R.A., Adams, M.W. (1972), "A path coefficient analysis in dry beans (*Phaseolus vulgaris* L.)", Crop Science, 12, pp.579-582.

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

Dwivedi, D.K., Singh, H., Singh, K.M., Shahi, B., Rai, J.N. (1994), "Response of French bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to population densities and nitrogen levels under mid upland situation in north-east alluvial plains of Bihar", Indian Journal of Agronomy, 39(4), pp.581-583.

Evett, S.R. (2007), "Soil water and monitoring technology" In: Irrigation of Agricultural Crops, (Eds. R.J. Laskano, R.E. Sojka). American Society of Agronomy, Madison, Wisconsin.

Graham, P.H., Ranalli, P. (1997), "Common bean (*Phaseolus vulgaris* L.)", Field Crops Research, 53(1), pp.131-146.

Grafton, K.F., Schneiter, A.A., Nagle, B.J. (1988), "Row spacing, plant population, and genotype row spacing interaction effects on yield and yield compenents of dry bean", Agronomy Journal, 80, pp.631-634.

Güvenç, İ. (1993), "Farklı Sulama Seviyelerinin Erzurum'da Yetiştirilen Fasulye (Phaseolus vulgaris cv. Kızılhaç)'de Bitki Gelişmesine, Verime ve Bazı Mineral Madde İçeriğine Etkisi", Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, Erzurum.

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

Karakuş, M., Çiftçi, V., Toğay, Y., Toğay, N. (2005), "Van-Gevaş koşullarında farklı sıra aralıklarının fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) de verim ve bazı verim öğelerine etkisi", Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 15 (1), pp.57-62.

Kınacı, G., Akın, A., Kınacı, E. (2008), "Farklı sulama rejimlerinin kuru fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) fiziksel kalite özellikleri üzerine etkileri", Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 4 (2), pp.179-186.

Koli, B.D., Shaikh, A.A., Akashe, V.B. (1996), "Uptake pattern of N, P and K of French bean as influenced by row spacing, plant densities and nitrogen levels", PKV Research Journal, 20 (1), pp.80-81.

Köksal, E.S., Üstün, H., İlbeyi, A. (2010), "Bodur yeşil fasulyenin sulama zamanı göstergesi olarak yaprak su potansiyeli ve bitki su stres indeksi sınır değerleri", Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 24(1), pp.25-36.

Kurek, A.J., Carvalho, F.I.F., de Assmann, I.C., Marchioro, V.S., Cruz, P.J. (2001), "Path analysis as indirect selection criterion for bean grain yield", Revista Brasileira de Agrociencia, 7 (1), pp.29-32.

Mahlooji, M., Mousavi S.F., Karimi M. (2000), "The effects of water stress and planting date on yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.)", J Sci Technol Agric Nature Res, 4, pp.57-68.

Medeiros, C.A., Armuda, F.B., Sakai, E., Fuhiwara, M. (2001), "The Influence of Crop Canopy on Evapotranspiration and Crop Coefficient of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.)", Agricultural Water Management, 49, pp.211-224.

Munoz-Perea, C. G., Allen, R. G., Westermann, D. T., Wright, J. L., Singh, S. P. (2007), "Water use efficiency among dry bean landraces and cultivars in drought-stressed and non-stressed environments", Euphytica, 155 (3), pp.393-402.

Nienhuis, J., Singh, S.P. (1985), "Effects of locations and plant density on yield and arthitectural traits in dry beans", Crop Science, 25, pp.579-584.

Özcan, L., Özdemir, S. (1996), "Ekim sıklığının fasulyede verim ve verimle ilgili karakterlere etkisi", Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü, 6 (1), pp.17-24.

Sezen, S.M., Yazar, A., Canbolat, M., Eker, S., Çelikel, G. (2005), "Effect of drip irrigation management on yield and quality of field grown green beans", Agricultural Water Management, 71, pp.243-255.

Shirtliffe, S.J., Johnston, A.M. (2002), "Yield-density relationships and optimum plant populations in two cultivars of solid-seeded dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) grown in -Saskatchewan", Canadian Journal of Plant Science, 82 (3), pp.521-529.

Singh, D.P., Rajput, A.L., Singh, S.K. (1996), "Response of french bean (*Phaseolus vulgaris* L.) to spacing and nitrogen levels", Indian Journal of Agronomy, 41 (4), pp.608-610.

Singh, S.P., Teran, H., Munoz, C.G., Takegami, J.G. (1999), "Two cycles of recurrent selection for seed yield in common bean", Crop Science, 39, pp.391-397.

Şehirali, S. (1980), "Bodur fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L. Var. Namus Dekap) ekim sıklığının verimle ilgili bazı karakterler üzerine etkisi", Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 738, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 29, Ankara.

Şehirali, S., Erdem, T., Erdem, Y., Kenar, D. (2005), "Damla sulama yöntemi ile sulanan fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.*)* su kullanım özellikleri", Tarım Bilimleri Dergisi, 11 (2), pp.212-216.

Webber, H.A., Madramootoo, C.A., Bourgault, M., Horst, M.G., Stulina, G., Smith, D.L. (2006), "Water use efficiency of common bean and green gram grown using alternate furrow and deficit irrigation", Agricultural Water Management, 86, pp.259-268.

Yıldırım, A. N. (1994), "Sulama Yöntemi ve Sulama Suyu Miktarının Taze Fasulye Verimine Etkisi", Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

Yılmaz, N., Özkorkmaz Atıcı, F., Öner, F. (2014), "Determination of yield and yield components ın some dry bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars under Giresun conditions", Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences, 1, pp.1093-1096.

URL1, Faostat (2015), Food and Agriculture Data, http://faostat.fao.org/beta/en/?#data/QC/visualize, 10.10.2015.

URL2, Türkiye İstatistik Kurumu (2016), Tarım, http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001, 30.10.2016.

URL3, Türkiye İstatistik Kurumu (2016), Tarım, http://www.tuik.gov.tr/UstMenu.do?metod=temelist, 18.10.2016.

Ünlükara, A. (2014), "Referans evapotranspirasyon hesaplamalarında solar radyasyon yoğunluğu ve nispi güneşlenme verilerinin kullanımı", 12. Ulusal Kültür Teknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs, Tekirdağ, ss.84-89.