

İÇİNDEKİLER	Sayfa
İÇİNDEKİLER	I
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
ÖNSÖZ	V
ÇİZELGELER DİZİNİ	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ	VII
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	VIII
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
2.1. Fasulye ve Sulamaya Tepkisi.....	3
2.2. Yarı Islatmalı Sulama	7
2.3. Toprakaltı Damla Sulama	9
3. MATERYAL VE METOT	11
3.1. Materyal	11
3.1.1. Araştırma Yeri	11
3.1.2. Deneme Yerinin İklim Özellikleri	11
3.1.3. Deneme Yerinin Toprak Özellikleri	11
3.1.4. Sulama Suyunun Sağlanması.....	13
3.1.5. Denemede Kullanılan Fasulye Çeşidi	13
3.1.6. A Sınıfı Buharlaşma Kabı	13
3.2. Metot	13
3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analizi	13
3.2.2. Deneme Parsellerinin Hazırlanması	14
3.2.3. Bakım	14
3.2.4. Sulama Yöntemi.....	15
3.2.5. Araştırma Konuları	16
3.2.6. Günlük Buharlaşma Miktarlarının Ölçülmesi	18
3.3. Sulama	18
3.3.1. Su Tüketiminin Belirlenmesi	18
3.3.2. Bitki Katsayısının Belirlenmesi (kc)	19
3.3.3. Hasat.....	19
3.3.4. Su-Verim İlişkisi	19
3.3.5. Su Kullanım Randımanı	20
3.4. Bitki Gelişimine İlişkin Gözlemler ve Ölçümler	20
3.5. Verilerin Değerlendirilmesi	20
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	21
4.1. Sulama Suyu ve Su Tüketimi	21
4.2. Verim	23
4.3. Sulama Suyu ve Su Tüketimi - Verim İlişkisi	24
4.4. Oransal Evapotranspirasyon Açığı (1-ETa / Etm) ile Oransal Verim Azalışı (1-Ya / Ym) İlişkisi	25
4.5. Su Kullanım Randımanı	26
4.6. Bitki Katsayıları	27
4.7. Bitki Kuru Madde Miktarı	27
4.8. Bitki Gelişimi İle İlgili Sonuçlar	29
4.8.1. Bitki Boyu	29
4.8.2. Taç Genişliği	30

4.8.3. Çiçek Sayısı	30
4.8.4. Bakla Sayısı	32
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	34
KAYNAKLAR	36
ÖZGEÇMİŞ	43

**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR ve SULAMA ANABİLİM DALI**

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FASULYENİN TAM ve YARI ISLATMALI
TOPRAKALTI DAMLA SULAMAYA TEPKİSİ**

HASİBE ALTUNBEY

Danışman: Doç. Dr. Cafer GENÇOĞLAN

Yıl :2005

Sayfa : 43

**Jüri : Doç. Dr. Cafer GENÇOĞLAN
Doç. Dr. Hasan DEĞİRMENCİ
Doç. Dr. İ. Ersin AKINCI**

Bu çalışma yeşil fasulyenin tam ve yarı ıslatmalı toprakaltı damla sulamaya tepkisini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

Sulama konuları, Class A Pan'dan buharlaşan su miktarının % 60 (Kcp₁), % 80 (Kcp₂), % 100 (Kcp₃)ve % 120 (Kcp₄) oranlarında toprakaltı damla sulama yöntemiyle, tam (S₁₀₀) ve yarı ıslatmalı (S₅₀) olarak bitkiye geri verilmesi ile oluşturulmuştur. Araştırmada Kcp₄'ün S₁₀₀ ve S₅₀ konularına sırasıyla 437 ve 366 mm ile en fazla sulama suyu uygulanmıştır. Anılan konulara ilişkin su tüketimi ise sırasıyla 470 ve 409 mm; dekara verim sırasıyla 1087 ve 1084 kg olarak belirlenmiştir. S₅₀Kcp₄ sulama konusunda, sulama programı başladıktan sonra % 40, tüm gelişme dönemi dikkate alındığında % 16 su tasarrufu sulanmıştır.

Çalışmada verim tepki etmeni ky S₁₀₀ konusu için 1.55, S₅₀ konusu için ise 3.54 olarak belirlenmiştir. S₁₀₀ ve S₅₀ konularının sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) sırasıyla 2.17 ile 2.49 ve 2.07 ile 2.96 kg/da/mm arasında, su kullanım randımanı (WUE) ise, sırasıyla 2.0 ile 2.31 ve 1.89 ile 2.75 kg/da/mm arasında değişmiştir. Yarı ıslatmalı sulama programının sulama suyu kullanım randımanını, su kullanım randımanını ve verim tepki etmenini arttırdığı belirlenmiştir.

Yarı ıslatmalı toprakaltı damla sulama uygulamasının, tam ıslatmalı toprakaltı damla sulamaya göre hem verimde hem de bitkisel özelliklerde herhangi bir olumsuz etkisi olmamıştır.

Anahtar Kelimeler : Su kısıntısı, pan, fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.), verim, bitkisel özellikler.

**UNIVERSITY OF KAHRAMANMARAŞ SUTCU IMAM
INSTITUTE OF NATURAL AND APPLIED SCIENCES
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL STRUCTURES AND IRRIGATION**

MSc THESIS

ABSTRACT

**RESPONSE OF BEAN SUBSURFACE DRIP IRRIGATION OF
FIXED AND PARTIAL ROOT DRYING**

HASİBE ALTUNBEY

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN

Year :2005

Pages : 43

**Jury : Assoc. Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN
Assoc. Prof. Dr. Hasan DEĞİRMENCİ
Assoc. Prof. Dr. İ. Ersin AKINCI**

This study was conducted to investigate the effect of subsurface drip irrigation and partial rootzone drying subsurface drip irrigation on water yield relationship, crop-growth and yield in bean.

Water stress treatments were formed as the application of 60, 80, 100, and 120 % of water evaporated from Class A Pan under subsurface drip irrigation and partial rootzone drying subsurface drip irrigation conditions. The highest amounts of irrigation water was applied S₁₀₀Kcp₄ with 473 mm and S₅₀Kcp₄ with 366 mm and evapotranspiration from these treatments was 470 and 409 mm, total harvested green beans yield for the treatments were 1006 and 1018 kg/da. In the S₁₀₀Kcp₄ treatment, water saving was obtained by 40 % for after irrigation program was started and by 16 % for whole growing seasonal.

Yield response factor ky value was determined as 1.55 for S₁₀₀ and 3.54 for S₅₀ treatments, irrigation water use efficiencies (IWUE) and values water use efficiencies (WUE) were determined between 2.14-2.49 and 2.07-2.96 kg/da/mm, and between 2.00-2.31 and 1.89-2.75 kg/da/mm, respectively.

The negative effect was not observed of partial rootzone drying subsurface drip irrigation on crop growth and yield in bean comparing to subsurface drip irrigation

Keywords: Water deficit, pan, bean, yield, crop characteristics.

ÖNSÖZ

Gelişmekte olan ülkemizin bir çok sosyal ve ekonomik sıkıntısı olmakla birlikte, henüz açlık sorunu yoktur. Ancak hızla artan nüfusumuzu gelecekte besleyebilmek için, mevcut üretim potansiyelimizi en iyi biçimde değerlendirecek bir dizi önlemin, vakit geçirilmeden alınması gerekmektedir.

Ülkemizde tarımsal üretime açılacak yeni arazi kalmamıştır. Bunun için birim alandan alınan verimi artırma hedefine yönelme zorunluluğu vardır. Bu hedefe varmak; toprak ve su kaynaklarının korunması, verimliliklerinin artırılması, ileri tarım teknolojilerinin uygulanması, üretim girdilerinin yeterli düzeyde kullanılması gibi önlemlerle mümkün olacaktır.

Sulama, tarımda devamlılığı ve kararlılığı sağlayan, bunun yanında diğer tarımsal girdilerin etkinliğini arttıran ve birim alandan yüksek verim sağlayan tarımsal girdilerden biridir. Bahçe bitkilerinin çoğunun topraktaki nem eksikliğine duyarlı olduğu ve elde edilen ürünün pazar değerinin yüksek olduğu göz önüne alınırsa, sulama bu bitkileri diğer kültür bitkilerinin bir çoğuna oranla daha olumlu yönde etkilemektedir.

Bu gereklilik çerçevesinde tez çalışmamın oluşturulmasından, sonuçlandırılmasına kadar bütün aşamalarında bilgisini ve desteğini esirgemeyen, araştırmamın her safhasında beni destekleyen ve yüreklendiren danışman Sayın Hocam Doç. Dr. Cafer GENÇOĞLAN' a teşekkürü bir borç bilirim. Ayrıca konularının oluşturulmasında ve uygulanmasında bana yardımcı olan Doç. Dr. İrfan Ersin AKINCI' ya, her zaman her konuda yardımcım olan Bölüm Hocalarıma ve tarla ve laboratuvar çalışmalarım sırasında yardımını esirgemeyen Olgü ERDOĞAN, Manolya YARIMOĞLU ve Özgül ERGİN'e, bölüm arkadaşlarım Sedat BOYACI, Özlem ESER ve Serkan KÖSETÜRKMEN'e, ayrıca her konuda yardımcı olan aileme teşekkür ederim.

En az benim kadar tarlada bulunan Alper AYDIN ve stajyer öğrencilere şükranlarımı sunarım.

Aralık 2004**KAHRAMANMARAŞ****Hasibe ALTUNBEY**

ÇİZELGELER DİZİNİ

	Sayfa
Çizelge 3.1. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	11
Çizelge 3.2. Kahramanmaraş'ın, uzun yıllık (1980-1997) ve 2003 yılı ortalama iklim değerleri.....	12
Çizelge 3.3. Sulama suyunun analiz sonuçları	13
Çizelge 3.4. Sulama konuları	16
Çizelge 4.1. Deneme konularına her sulamada uygulanan toplam sulama suyu miktarları ve su tüketimleri (mm)	22
Çizelge 4.2. Verime ilişkin varyans analiz sonuçları	23
Çizelge 4.3. Deneme konularından elde edilen verim değerleri (kg/da)	23
Çizelge 4.4. Damla sulama sisteminde belirlenen su kullanım randımanları	26
Çizelge 4.5. Çeşitli gelişme dönemlerinde hesaplanan bitki katsayısı.....	27

ŞEKİLLER DİZİNİ

	Sayfa
Şekil 3.1. Araştırmada kullanılan damla sulama sisteminin öğeleri, konumu ve deneme planı	15
Şekil 3.2. Tam ve yarı ıslatmalı sulama konularının şematik gösterimi (lateraller toprak altına gömülü).....	17
Şekil 4.1. Sulama suyu (I) verim (Y) ilişkisi	25
Şekil 4.2. Evapotranspirasyon (ET) verim (Y) ilişkisi	25
Şekil 4.3. Oransal evapotranspirasyon açığı ile oransal verim azalışı ilişkisi	26
Şekil 4.4. Sulama konularından belirlenen kuru madde	28
Şekil 4.5. Sulama konularına göre bitki boyu gelişimi	29
Şekil 4.6. Sulama konularına göre bitki taç gelişimi.....	30
Şekil 4.7. Sulama konularına göre çiçek sayısı gözlemleri	31
Şekil 4.8. Sulama konularından belirlenen bakla sayısı	33

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

°C	:	Santigrad derece
Ca ⁺⁺	:	Kalsiyum
Cl ⁻	:	Klor
cm	:	Santimetre
cm ²	:	Santimetrekaare
cm ³	:	Santimetrekaup
da	:	Dekar
dS/m	:	Desi-simens metre
EC	:	Elektriksel iletkenlik
ET	:	Evapotranspirasyon
FAO	:	Food and Agriculture Organization of the United Nations
g	:	Gram
h	:	Saat
HCO ⁻³	:	Bikarbonat
K ⁺	:	Potasyum
kg	:	Kilogram
kPa	:	Kilopascal
lt	:	Litre
m ²	:	Metrekare
m ³	:	Metrekup
me/lt	:	Miliekivalan litre
Mg ⁺⁺	:	Magnezyum
Mj	:	Megajoule
mm	:	Milimetre
N	:	Azot
Na ⁺	:	Sodyum
P ₂ O ₅	:	Difosfor pentaoksit
PE	:	Polietilen
pH	:	Hidrojen iyonu konsantrasyonunun negatif logaritması
PVC	:	Polivinilklorit
SO ⁻⁴	:	Sulfat
%	:	Yüzde

1. GİRİŞ

Fasulye, hem insan beslenmesinde hem de ekim nöbetinde önemli bir yer tutmaktadır. Protein içeriğinin yüksekliği, mineral maddelerce zengin olması ve beğenilen lezzeti ile önemli besin maddelerinden birisidir. Yetiştirme döneminin bir bölümü kurak yaz aylarına rastladığından, sulamaya gereksinim duyulmaktadır (Güvenç, 1993).

Ülkemizde taze fasulye üretimi 514 000 ton'dur. Bunun % 22.6'sı Akdeniz bölgesinde yetiştirilmektedir (Anonim, 2000). Ülkemizde ortalama verim değeri 500 kg/da olan taze fasulye, bol karbonhidrat ve protein yanında demir, B₁ ve B₂ vitaminlerini de içermektedir. Taze fasulye nispeten serin ve bağıl nemim düşük olduğu iklim koşullarında yetişir. Yüksek toprak sıcaklığından, bitki yapraklarının ve kök boğazının ıslatılmasından kaynaklanan hastalıklara son derece duyarlıdır. Optimum gelişme sıcaklığı ve pH değeri sırasıyla 15-20 °C ve 6.6 – 8.0 arasındadır (Günay, 1981). Sulama, fasulyenin meyve bağlama döneminde çok önemlidir. O dönemde su kısıntısı yapılmamalıdır (Smesrud ve ark, 1997).

Modern tarımın ayrılmaz bir parçası olan sulama, bitkisel üretimde en önemli tarımsal girdilerden birini oluşturmaktadır. Sulanmayan alanlarda yetiştirilen kültür bitkilerinin sınırlı kalması, bu bitkilerin sulanması ile verim artışının sağlanması sulamanın önemini vurgulamaktadır (Güngör ve Yıldırım, 1989).

Son yıllarda nüfusun artması ve su kaynaklarının kirlenmesi sonucu tarıma ayrılan mevcut su kaynaklarının azalması nedeni ile yeni sulama teknikleri geliştirilmeye başlanılmıştır. Mevcut sulama suyundan etkili şekilde yararlanmak için damla ve yağmurlama sulama yöntemleri geliştirilmiştir. Damla sulama yöntemi ile bitki su stresine girmeden kök bölgesine su ve besin elementleri verilebilmektedir (Phene ve Howell, 1984).

Su kaynaklarının azalması nedeniyle geliştirilen sulama yöntemlerinin yanında yeni sulama teknikleri geliştirilmektedir. Bunlardan birisi de yarı ıslatmalı toprakaltı damla sulama tekniğidir.

Toprakaltı damla sulama sisteminde lateraller toprak altına gömülü olduğundan, sulama suyu direkt olarak kök bölgesine uygulanmaktadır. Bu nedenle toprak yüzeyinden olan buharlaşma kayıpları azalmakta ve toprak üzerinde kısmen kuru kalan toprak katmanında bitki yetiştirme döneminde düşen yağış depolanmaktadır. Bu sulama metodu özellikle kurak alanlar için önerilebilir (Suarez-Rey ve ark, 2000). Bu sulama yöntemiyle sulanan alanların toprak yüzeyleri fazla ıslatılmadığından kültürel işlemler rahatlıkla yapılabilenkte, mevcut su ile daha fazla alan sulanabilmektedir (Anonim, 2001).

Toprakaltı damla sulama yöntemiyle, suyu ve bitki besin maddesini daha randımanlı uygulayarak verim ve meyve kalitesi arttırılabilir. Toprak yüzeyinden olan buharlaşma çok düşük olduğundan toplam sulama suyu gereksiniminde azalma olabilir (Ayars ve ark., 1999).

Yarı ıslatmalı sulama yeni geliştirilen bir sulama tekniğidir. Yarı ıslatmalı sulama uygulaması; geleneksel sulamalarda uygulanan su miktarının belirli bir oranda azaltılarak

nöbetleşe olarak bitki köklerinin yarısının ıslatılmasıdır. Suyun kıt ve pahalı olduğu bölgelerde, yarı ıslatmalı sulama tekniğiyle kısıntılı sulamaya benzer şekilde, daha az su uygulayarak, mevcut su kaynaklarından en etkin şekilde yararlanmayı sağlar (Kang ve ark., 1998).

Yarı ıslatmalı sulama uygulaması altında bitki kök bölgesi nöbetleşe olarak yarısının sulanmasıyla, su kullanım randımanı kısıntılı sulamaya göre daha yüksek olabilir (Chaffey, 2001). Yarı ıslatmalı sulama uygulamasında her sulamada nöbetleşe bitki köklerinin bir tarafı ıslatılırken, köklerin diğer tarafı kuru bırakılır.

Yarı ıslatmalı sulama uygulamasına yönelik ilk çalışmalar, seralarda saksı denemeleriyle yapılmıştır. Bitkiler, kökleri ikiye ayrılarak iki farklı saksıda yetiştirilmekte, köklerinin bir bölümünün bulunduğu saksı ardışık olarak sulanırken, diğerinin kuru bırakılmasıyla gelişimlerini normal bir şekilde devam ettirebilmektedirler (Stoll ve ark., 2000).

Kahramanmaraş'ta şu anda su sıkıntısı olmamasına rağmen, gelecekte artan nüfus ve gelişen sanayiye paralel olarak tarıma ayrılan mevcut su kaynağı azalacaktır. Mevcut su kaynağını daha randımanlı kullanan sulama yöntemlerinin ve tekniklerinin ölçütlerinin belirlenmesi gerekmektedir. Yarı ıslatmalı sulama yeni bir uygulama olup, geleneksel sulamada uygulanan sulama suyunun % 50'si bitkiye verilmekte, buna karşılık verimde fazla azalma görülmemektedir. Graterol ve ark.(1993) ve Kang ve ark. (2002), yarı ıslatmalı sulama programı ile sulama suyunda önemli bir oranda su tasarrufu sağlanmasına rağmen verimde herhangi bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir.

Yarı ıslatmalı sulama uygulaması olarak tanımlanabilen bu yeni sulama tekniği, kimi tarla bitkileri için henüz deneme aşamasındadır. Kıt kaynaklarımızı optimum kullanabilmek ve fasulyenin insan beslenmesinde önemli bir yer tutması nedeniyle, bu çalışmada, tam ve yarı ıslatmalı damla sulama uygulaması altında yetiştirilen fasulyenin, su-verim ilişkisi ve bitki gelişimi irdelenecektir.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Fasulye ve Sulamaya Tepkisi

Bu bölümde fasulye ve fasulyenin sulamaya olan tepkisi üzerine yapılan bazı çalışmalar verilmiştir.

Smesrud ve ark. (1997), toprak neminin fasulyenin bütün gelişme dönemlerinde etkili olduğunu, özellikle çiçeklenme ve meyve bağlama dönemlerinde su stresine çok hassas olduğunu belirtmişlerdir. Bu dönemde su kısıntısının verime, meyve kalitesine olumsuz yönde büyük bir etkisi olacağını bildirmişlerdir. Alvino ve ark (1988), toprak su potansiyelinin çiçeklenme ve meyve bağlama döneminde önemli olduğunu, sulama suyu arttıkça verimde artış olacağını bildirmişlerdir.

Borošic ve ark. (2000), fasulyenin tohum ekiminden çiçeklenme dönemine kadar olan periyotta suya gereksinim duyduğunu, sulama ile bitkinin generatif organlarının artacağını ve daha erken çiçeklenme dönemine gireceğini, sulama yapılmadığı taktirde 1-3.5 hafta olgunlaşma periyodunun uzayacağını bildirmişlerdir. Ayrıca sulamanın bitkideki meyve sayısını % 36-105, kuru madde miktarını % 16-90 ve verimi 1.6 - 4 katı artıracığını belirtmişlerdir.

Boutraa ve Sanders (2001), fasulyede su stresinin vejetatif gelişim ve dane verimi üzerine etkisini inceledikleri çalışmalarında, vejetatif gelişme dönemi boyunca ve meyve bağlama öncesi su kısıntısının fasulye yetişmesini sınırlandıran etmenlerden biri olduğunu belirtmişlerdir. Çiçeklenme dönemindeki su kısıntısı olgunluk zamanını uzatmıştır. Su kısıntısı olduğunda gövde uzunluğu, yaprak, boğum ve yan dal sayısında azalma olduğunu bildirmişlerdir.

Üstün ve ark. (1997), Ankara koşullarında damla sulama yöntemi ile sulanan fasulyenin sulama suyu ihtiyacının saptanması için yürüttükleri çalışmada konuları; 1, 2, 4, 6 gün sulama aralıklı ve A sınıfı kaptan oluşan buharlaşmanın 0.75, 1.00, 1.25'i uygulanacak şekilde oluşturulmuştur. Üç yıl süren çalışmada, damla sulama yöntemi ile sulanan taze fasulyeye 6 gün arayla olacak şekilde, her sulamada A sınıfı kaptan olan 6 günlük buharlaşmanın 1.25 katı sulama suyu uygulanması gerektiğini belirtmişlerdir.

Bharat (1989), Fort Valley'de 1985 ve 1986 yıllarında yaptığı denemede, damla sulama yöntemi ile suladığı fasulyeye A sınıfı kaptan olan buharlaşma miktarının değişik yüzdelelerini uygulamıştır. En yüksek verim, buharlaşma değerlerin % 80'ninin uyguladığı deneme parsellerinden elde edilmiştir.

Beyce ve ark. (1972), Ankara koşullarında yaptıkları bir araştırmada, karık sulama yöntemi ile sulanan fasulyenin mevsimlik su tüketimini 507 mm, Ertaş (1976), Konya'da yürüttüğü çalışma sonucunda karık sulama sistemi ile sulanan fasulyenin (*Phaseolus vulgaris* L.) su tüketimini 505 mm olarak saptamışlardır.

Tarantino ve Rubino (1989), İtalya Bari'de yaptıkları lizimetre çalışmasında, fasulyenin mevsimlik su tüketimini 276 mm, sulama suyu gereksinimini ise 235 mm olarak belirlemişlerdir.

Güngör (1982), Eskişehir’de yürüttüğü tarla denemelerinde en yüksek verimin, 90 cm toprak derinliğinde elverişli nemin % 50’si tüketildiğinde yapılan sulamalarla elde edildiğini açıklamıştır. Çalışma sonuçlarına göre, fasulyenin yetiştirme döneminde 4 kez sulanması gerektiği, karık sulama yöntemiyle suladığı fasulyenin mevsimlik su tüketiminin 516 mm, sulama suyu gereksiniminin ise 408 mm olduğu anlaşılmıştır.

Herrera ve ark. (1988), Pinar del Rio’da, fasulyenin su-verim ilişkilerini belirlemek için tarla denemesi yürütmüşlerdir. Anılan çalışmada sulamalar, açık su yüzeyi buharlaşmalarına göre yapılmış ve damla sulama sistemi kullanılmıştır. Çalışma sonunda, sulama sayıları ve miktarlarının toprak tipleri arasında önemli bir verim farkı yaratmadığını ve bu bölgede mevsimlik su gereksiniminin 160-200 mm olduğunu belirlemişlerdir.

Bahçeci ve Tari (1992), Konya’da yaptıkları bir çalışmada karık sulama yöntemi ile sulanan fasulyenin yetiştirme dönemi için 4 kez sulanması gerektiğini, bitki su tüketiminin 636 mm, sulama suyu gereksiniminin ise 526.4 mm olduğunu belirtmişlerdir.

Rajic ve ark. (1997), Vojvodina iklim koşullarında, FAO-24 Penman yöntemine göre fasulyenin referans bitki su tüketimini (E_t), potansiyel evapotranspirasyonu ve sulama suyu gereksinimini araştırmışlardır. Yapılan çalışmalar sonucunda sırasıyla 355, 310 ve 208 mm olarak bulmuşlardır.

Singh (1987), Fort Valley’de kumlu killi toprakta yağmurlama sulama yöntemi ile uygulanan sulama suyu miktarının fasulye bitki gelişimine, meyve verimine ve vejetatif gelişimine olan etkisini incelemişlerdir. Tesadüf blokları deneme desenine göre sulanan ve sadece yağışlarla sulanan konulardan oluşan parsellere, Class A Pan’dan oluşan buharlaşmanın % 0, 60, 80 ve 100’ü uygulanmıştır. Denemenin yürütüldüğü yılda 342 mm yağış düşmüş olup pan katsayılarına göre 173, 230 ve 287 mm sulama suyu uygulanmıştır. Sulamanın hem meyve verimi, hem de vejetatif gelişmesini artırdığını belirtmiştir. Pan katsayıları dikkate alınarak uygulanan sulama suyunda katsayılar arttıkça, fasulye bitkisinin vejetatif gelişiminin de artacağını, dane veriminin ise sadece pan değeri % 100 olduğunda azaldığını bildirmiştir.

De Costa ve ark (1997a, 1997b), İngiltere’de damla sulama ile sulanan fasulyenin farklı sulama programlarında taç gelişimine, yaprak alanına, kuru madde üretimine, verime ve verim bileşenlerine olan etkilerini incelemişlerdir. Sulama konuları; tam, çiçeklenme dönemi ve sonrasında yapılan sulama ve tüm yetiştirme dönemi boyunca kısıntılı sulamalardan oluşmaktadır. Çalışma sonucunda tam sulanan konular 7-10 gün ara ile sulanmış, mevsimlik sulama suyu ihtiyacı ise ekiliş yöntemine göre 335 ve 385 mm bulunmuştur. Çalışmalar sonucunda en yüksek verim stressiz konuda (460-760 kg/da) elde edilmiştir.

Muirhead (1978), Avustralya’da yaptığı denemede, fasulyeyi karık ve damla yöntemleriyle sulamış ve sulama aralığını karık sulama yönteminde 2 hafta, damla sulama yönteminde 1 gün almıştır. Sonuçta, farklı sulama yöntemlerinin çiçeklenme öncesi bitki gelişmesini etkilemediğini ancak özellikle çiçeklenme periyodunda ve meyve bağlama döneminde önemli düzeyde farklılık meydana geldiğini bulmuştur. Damla sulamanın gelişimi olumlu yönde artırdığını belirlemiştir. Araştırmacı, en yüksek meyve verimini

damla sulama yönteminde 1600 kg/da olarak elde etmiştir. Bunun yanında, damla sulamada 4-6 gün daha erken hasat yapılmıştır.

Günbatılı (1993), Tokat-Kazova’da kısıntılı su uygulayarak yürüttüğü çalışmasında fasulyenin su tüketimini belirlemiştir. Konulara su kısıntı ekimden olgunlaşmaya kadar ve çiçeklenme dönemi başlangıcından bakla bağlamaya kadar olan dönemde uygulanmıştır. Elverişli nem % 50’ye düştüğünde sulama yapılmıştır. Alt konulara ise her sulamada ihtiyacı olan suyun % 100, 80, 60 ve 40’ı uygulanmıştır. Çalışmada, mevsimlik su tüketimini 517 mm, mevsimlik sulama suyu ihtiyacını 314 mm, bir defada verilecek suyu 78.5 mm, dane verimini 302.6 kg/da olarak belirlemiştir. Suyun kısıtlı olduğu koşullarda fasulyede, % 40 kısıntı yapılabileceğini bildirilmiştir.

Evren ve Sevim (1998), Erzurum Ovası koşullarında yetiştirilen fasulyenin su tüketimini, sulama sayısını ve zamanını belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışma sonucuna göre, Erzurum Ovası koşullarında damla sulama ile sulanan fasulyenin mevsimlik su tüketimi 604 mm bulunmuştur. Ortalama 528 mm sulama suyu uygulanarak 1344 kg/da fasulye verimi alınmıştır. Araştırmacılar Erzurum Ovası koşullarında fasulyeye ilk suyu takiben 14 günde bir olmak üzere toplam 6 su verilmesini önermişlerdir.

Sau ve Mínguez (2000), Akdeniz iklim koşullarında fasulyeye farklı gelişme dönemlerinde su kısıntısı uygulandığında, bakla bağlama döneminde yaprak su potansiyelinin azaldığını, stoma direncinin arttığını belirtmişlerdir. Maksimum dane veriminin sulanan koşullarda 600 kg/da, sulanmayan koşullarda ise 390 kg/da olduğunu bildirmişlerdir.

Bonanno ve Mack (1983), Oregon’da yağmurlama sulama yöntemi ile uygulanan farklı sulama seviyelerinin, fasulyenin gelişimine ve su ilişkilerine olan etkileri incelenmiştir. Denemede su kısıntısının, toplam kuru ağırlığa, toplam yaprak kuru ağırlığına, toplam yaprak sayısına ve yaprak alanına olan etkileri araştırılmıştır. Su kısıntısının olduğu sulama konularında yaprak sayısı, yaprak alanı ve kuru ağırlık düşük çıkmıştır. Ortalama verim sulanan koşullarda (200 mm) 1919 kg/da olarak bulunmuştur. Konular arasında sulama suyu arttıkça verimde de artış olacağını bildirmişlerdir.

Medeiros ve ark. (2001), Brezilya’da kurak koşullarda iki farklı sıklıkta ekilen fasulyenin verimini, evapotranspirasyonunu ve bitki katsayısını belirledikleri çalışmalarında yetiştirme sezonu, Ağustos sonu ve Kasım ortası olarak alınmıştır. Deneme sonunda birim alanda 14 bitki/m² olan konularda verim 212.6 kg/da ve birim alanda 28 bitki/m² olan konularda ise 213 kg/da bulunmuş olup ekim sıklığının verime herhangi bir etkisinin olmadığı belirtilmiştir. kc katsayısı 14 bitki/m² ekim sıklığı için 0.84, ET 342 mm; kc katsayısı 28 bitki/m² ekim sıklığı için 0.67, ET 348 mm bulunmuştur.

Husain ve ark. (1988), Yeni Zelanda’da, damla sulama sistemi ile sulanan fasulyeye ekim zamanının ve sulamanın etkisini incelemek amacıyla tarla denemesi yapmışlardır. Tohumlar Haziran ve Ocak ayında ekilmiştir. Sulama konularına haftalık su verilmiştir. Sonbahar ekiminde 440 mm su uygulanmış, 525 mm ET bulunmuştur; bahar ekiminde ise 229 mm su uygulanmış, 432 mm ET bulunmuştur. Sonbahar ekiminde verim 455 kg/da, ilkbahar ekimindeki verim ise 270 kg/da olarak bulunmuş; sonbahar ekiminde verim ilkbahar ekimine oranla % 55 daha yüksek elde edilmiştir.

Pilbeam ve ark. (1992), İngiltere’de damla sulama yöntemiyle sulanan fasulyeye farklı dönemlerde su kısıntısı uygulamışlardır. Su kısıntısı uygulanmayan konularda açan çiçeklerin % 25’i bakla bağlarken, su kısıntısı uygulanan konularda ise açan çiçeklerin % 21’i bakla bağlamıştır. Araştırmacılar ayrıca, su kısıntısı uygulanan konularda çiçek sayısının su sıkıntısı olmayan konulardan daha fazla olduğunu belirlemişlerdir. Su kısıntısız konuya 536 mm su uygulanmış ve 800 kg/da verim alınmıştır. Su kullanım randımanını 1.49 kg/da/mm olarak bulmuşlardır.

Sezen ve ark. (2004), Mersin-Tarsus’ta killi-tınlı toprakta damla sulamanın Nisan ayında ekilen yeşil fasulyenin yetiştirme, verim ve kalitesine olan etkilerinin incelendiği çalışmada, Class A Pan’dan oluşan buharlaşmanın % 50, % 75 ve % 100’ünü uygulamışlar ve sulama aralıklarını 2-3 gün, 5-7 gün, 8-9 gün ve 10-12 gün olarak seçmişlerdir. Yapılan çalışmalar sonucunda sulama aralığı ve miktarlarına göre, verim 1224.3 ile 2055.8 kg/da arasında; uygulanan sulama suyu 202 ile 341 mm arasında; mevsimlik sulama suyu 262 ile 338 mm arasında; WUE 4.14 ile 6.16 kg/da/mm arasında ve IWUE ise 3.8 ile 6.9 kg/da/mm arasında bulunmuş; ky ise, 1.23 olarak hesaplanmıştır. Elde edilen sonuçlara göre yüksek verim ve meyve kalitesi, WUE ve IWUE bakımından, sulama aralığının 2-3 gün ve Class A Pan’dan oluşan buharlaşmanın % 100’ünün uygulandığı konu önerilmiştir.

Singh ve ark. (2000), lizimetrelerde su stressiz koşullarda ve sulanmayan koşullarda fasulyenin su kullanımını ve evapotranspirasyon hızını araştırmışlardır. Evapotranspirasyon hızı günlük olarak sulanan koşullarda maksimum 6.6 mm/gün olarak belirlenmiştir. WUE, sulanan koşullarda 2.3 kg/da/mm ve sulanmayan koşullarda 3 kg/da/mm olarak belirlenmiştir.

Amede ve ark. (1999), Almanya’da sera koşullarında Nisan ayında ekilen ve yağmurlama sulama yöntemi ile sulanan fasulyede su stresi ve su stresi olmayan konular olmak üzere verimi ve kuru madde miktarını araştırmışlardır. Stresli sulama konuları vejetatif gelişme döneminde ve meyve bağlama döneminde birer kez sulanmış; her iki sulamada da 40 mm su uygulanmıştır. Stressiz sulama konularına ise haftada bir kez olmak üzere 40 mm su uygulanmıştır. Yapılan araştırmalar sonucunda stressiz konularda, stresli konulara göre verim artışını % 50, toplam kuru madde miktarındaki artışı ise % 40 olarak belirlemişlerdir.

Oweis ve ark. (2004), Suriye’de sulanan koşullarda ekim zamanının, fasulye su kullanım randımanına ve kuru madde miktarına olan etkilerini incelemişlerdir. Tohumlar, Ekim ayı başında, Aralık ayı ortasında ve Ocak ayı sonunda tarlaya ekilmiştir. Yapılan ölçümler sonucunda sulanan koşullarda, sulama miktarı arttıkça kuru madde miktarının arttığını ayrıca erken ekilen fasulyenin kuru madde miktarının ve su kullanım randımanının arttığını bildirmişlerdir.

Grashoff (1990), Hollanda’da fasulyeye delikli borularla, farklı miktarlarda sulama suyu uygulamıştır. Araştırmacı sulama suyunun verime, kuru madde miktarına ve su kullanımına olan etkilerini incelemiştir. Konular, çiçeklenme döneminde yoğun sulama sonra azaltma ve sadece çiçeklenme sonrası yoğun sulama olacak şekilde iki sulama konusu olarak düzenlenmiştir. Araştırma sonucunda su kullanımı ile verim arasında

doğrusal bir ilişki olduğunu, sadece çiçeklenme sonra yapılan yoğun sulamanın dane verimini % 20-60 arasında azalttığını belirlemiştir.

2.2. Yarı Islatmalı Sulama

Yarı ıslatmalı sulama programı diğer su kısıntılarından farklı bir tekniktir. Bu teknikle önemli oranda su tasarrufu sağlanmasına karşın verimde ve kalitede herhangi bir azalma olmadığı belirtilmektedir. Yarı ıslatmalı sulama programı ile kök bölgesinin bir tarafına su uygulanırken diğer bir kısmı kuru kalmaktadır. Bunun sonucunda fizyolojik olarak köklerden gövdeye doğru Absisik Asit (ABA)'ın taşınımı artmaktadır. Ayrıca yarı ıslatmalı sulama programı ile su kullanım randımanı da artmaktadır (Caspari ve Neal, 2004).

Chaffey (2001), bitkilerin kimi köklerinin kuru kalmasıyla verimin azalmayacağını göstermiştir. Yarı kök kuruluğu, diğer kısıntılı sulama yöntemleriyle karşılaştırıldığında, bitkilerin su eksikliği nedeniyle zarar görmediği ve meyve tadında da gelişme olduğu bildirilmiştir.

Kang ve ark. (1998), tarafından yapılan bir çalışmada, mısır köklerini iki ve üçe ayırarak saksılarda yetiştirmiştir. Kök kuruluğunun bitki gelişimi üzerine etkisi araştırılmıştır. Kısımlara ayrılan kökler nöbetleşe sulanarak yürütülen çalışmada, bitkilerin su kullanım randımanı ve kök gelişiminin arttığı belirlenmiştir. Bunun sonucunda, bitki köklerinin yarısının bir önce ve diğer yarısının bir sonra sulayarak su tasarrufu sağlanabileceği bildirilmiştir.

Davies ve ark. (2000), sera koşullarında kısmi kök kuruluğunun domatese olan etkisi incelemişlerdir. Anılan çalışmada, hem kökten yapraklara doğru ABA taşınımında, hem de meyve kalitesinde artışın olabileceğine ilişkin bulgular elde edilmiştir. Hem kimyasal hem de hidrolik sinyallerin kısmi kök kuruluğunun etkisi sonucu meydana geldiği ifade edilmiştir. Absisik asit konsantrasyonunun artışı, ksilem suyunun pH'sındaki bir değişim sonucu meydana gelebileceği ileri sürülmüştür.

Stoll ve ark. (2000), serada yaptığı denemesinde kökleri ikiye ayırarak iki farklı saksıya yerleştirmiştir. Köklerin bir bölümü ardışık olarak sulanmış, diğer bölümü ise kuru kalmıştır. Köklerin ardışık olarak sulandığı bitkinin yapraklarındaki stomalar görece olarak kapanmaktadır. Çalışmadaki bitkilerin stoma kontrolü, köklerin bir yarısının periyodik olarak kuru bırakılmasıyla köklerden yapraklara gönderilen kimyasal sinyallerle sağlandığı ileri sürülmüştür. Bu sinyaller bitkide vejetatif gelişmeyi azaltırken, generatif gelişmeyi teşvik etmektedir. Köklerin bir yarısının kuru bırakılırken, diğer bir yarısının ıslatılması sonucu ksilem içinde absisik asit konsantrasyonunun artarak stomaların kapanmasını tetikledikleri gösterilmiştir. Kök çevresindeki su potansiyelinin değişimi, ksilem suyu pH'sının artması gibi nedenler de yapraklarda stoma açıklığının kontrolünde etkili olduğunu gözlemlemişlerdir.

Tardieu ve Davies (1992), arazi ve laboratuarda yürüttükleri çalışmalarla, bitkilerde stomanın etkisinde su potansiyelinin azalmasıyla absisik asit konsantrasyonunun arttığını saptamışlardır. Bitkilerde su stresine bir tepki olarak absisik asit konsantrasyonunun artarak stoma açıklığının azaldığını bildirmiştir.

Kurak koşullarda yetişen bitkilerde, absisik asit konsantrasyonu artmaktadır. Bitkide, ksilem su potansiyeli düştüğünde absisik asit konsantrasyonu artmaktadır. Bu artış da yaprak ve kök gelişimini düzenlenmektedir (Munns ve Cramer, 1996).

Wilkinson ve Davies (1997), tarafından yapılan bir çalışmada, bitki köklerinin bir bölümünün kuru kalmasıyla meydana gelen susuzluğun, ksilem özsuyu pH'sını arttırdığı saptanmıştır. Su stresi sonucu köklerden yapraklara giden sinyaller, örneğin ksilem özsuyu pH'sının artması gibi, stoma açıklıklarını kısmen kapatmış ve böylece yapraklardaki su tüketiminin azaldığı belirlenmiştir.

Wakrim ve ark. (2004), yarı ıslatmalı sulama ve kısıntılı sulama tekniğinin fasulye su kullanım randımanı ve bitki su ilişkilerine olan etkileri araştırılmıştır. Sulama konuları, kontrol konusu (bitkiden oluşan terlemenin % 100'ünün verildiği), kısıntılı sulama konusu (terlemenin % 50'sinin verildiği) ve yarı ıslatmalı sulama konusu olarak oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda yarı ıslatmalı sulama ile kısıntılı sulama konuları arasında, kuru madde miktarı, su kullanım randımanı ve bitki su içeriği bakımından fark görülmemiştir. Tam sulanan konuların kuru madde miktarı diğer uygulamalardan % 30-25 oranında daha yüksek çıkmıştır. Araştırmacılar WUE'yi tam sulanan konuda 1.91 kg/m³, kısıntılı sulanan konuda 2.85 kg/da/mm, yarı kök sulamada 2.92 kg/da/mm olarak belirlemişlerdir.

Crabtree ve ark. (1985), Amerika-Oklahoma'da karık sulama yöntemi ile uygulanan tam ve yarı ıslatmalı sulamanın soya fasulyesi verimine olan etkisi araştırılmıştır. Çalışmada tohumlar Mayıs ayı sonu Haziran ayı başında ekilmiştir. Çalışma sonucunda ortalama verim, yarı ıslatmalı sulanan konularda 198.3 kg/da, tam sulanan konularda 233.8 kg/da olarak bulunmuşlardır. Ayrıca % 50 su depolanmasına yarı ıslatmalı sulamada önemli oranda verim düşmesi olmadığını ve bu sulama yönteminin yarı nemli ve yarı kurak bölgelerde uygulanabileceğini bildirmişlerdir.

Graterol ve ark.(1993), Nebraska'da soya fasulyesinde karık sulama yöntemini kullanarak, yarı ıslatmalı konuların karşılaştırıldığı iki yıl süren tarla denemesinde, verim, su kullanım randımanı ve toprak su değişimini araştırmışlardır. Araştırmacılar iki konu arasında yaklaşık olarak % 46'lık bir sulama suyu tasarrufuna rağmen verimde herhangi bir değişiklik olmadığını bildirmişlerdir.

Avustralya'da, asmada kısmi kök kuruluğu test edilen bir araştırmada, bitki kök sisteminin yarısı ıslak ve diğer yarısı kuru bırakılma işlemi ile 10-14 günlük dönemlerde nöbetleşe sulanmıştır. Araştırma sonucunda, verimde herhangi bir azalma olmadığı belirlenmiştir (Stoll ve ark., 2000).

Kang ve ark. (2000), tarafından yapılan bir çalışmada, mısır bitkisinin verim ve su kullanım randımanını belirlemek için bir tarla denemesi yürütmüşlerdir. Çalışmada sulamalar; (1) dönüşümlü olarak birer atlamalı sulanmış (kısmi sulama), (2) sabit atlamalı sulanmış (her sulamada sadece kökün bir tarafı sulanmış) ve (3) tüm karıklar sulanmıştır. Kök gelişimi, toplam kök kuru ağırlığı ve kök yoğunluğu, dönüşümlü olarak birer atlamalı karıklarda, diğer uygulamalara oranla daha fazla olduğu gözlenmiştir. Böylece kurak alanlarda su tasarrufu sağlamak için nöbetleşe karık sulamanın, mısır üretiminde bir çözüm olabileceği önerilmiştir.

Kang ve ark. (2001), tarafından yapılan bir başka çalışmada, acı biberin kökleri ikiye ayrılıp ayrı saksılara konularak damla sulama yöntemiyle üç ayrı sulama uygulamasının etkileri araştırılmıştır. Tarla kapasitesinin % 65 ve % 55’inde su uygulamaları yapılmıştır. Tarla kapasitesinin % 65’inde köklerin yarısının ardışık değiştirilerek yapılan sulamada, diğer konuya kıyasla en yüksek verim ve en iyi su kullanım randımanı elde edildiği gözlenmiştir.

Kang ve ark. (2002), tarafından armut bahçesinde toprak su dağılımı, su tutma ve su kullanım verimliliğine ilişkin bir araştırma yürütülmüştür. Anılan çalışmada; (1) geleneksel sulama, (2) sabit kısmi kök bölgesi sulaması ve (3) nöbetleşe değişen kısmi kök bölgesi sulaması olmak üzere üç konu irdelenmiştir. kısmi kök bölgesi kuruluğu tekniğinin, meyve verimini azaltmaksızın su kullanımında önemli tasarruf sağlayabileceği sonucuna varılmıştır.

Zegbe-Domínguez ve ark. (2003), domateste kısmi kök bölgesi sulamasının ve su kısıntısının, meyve kuru ağırlığına ve meyve kalitesine olan etkisini araştırmışlardır. Anılan çalışmada, (1) tam sulama, (2) her iki kök bölgesine yarı su uygulandığı sulama ve (3) nöbetleşe kısmi kök bölgesi sulaması olmak üzere üç konu uygulanmıştır. Araştırma sonucunda uygulamalar arasında meyve kuru ağırlığında % 5 önem düzeyinde bir fark bulunmazken, meyve sayısı ve yaş meyve ağırlığında fark elde edilmiştir. Kısmi kök bölgesi sulaması ve her iki kök bölgesi sulaması konularında, meyve sayısı ve meyve su içeriği bakımından bir fark bulunmamıştır. Kısmi kök bölgesi sulaması konusunda meyveler bir hafta daha önce olgunlaşmış, aynı zamanda % 50 su tasarrufu sağlanmıştır. Yarı su uygulama ve nöbetleşe kısmi kök bölgesi sulama tekniğinin, su kaynağının sınırlı olduğu alanlarda uygulanabileceği bildirilmiştir.

2.3. Toprakaltı Damla Sulama

Damlaticıların toprağın 10-15 cm altına yerleştirildiği toprakaltı damla sulamanın birçok avantajı bulunmaktadır. Bu avantajlar; evaporasyonla oluşan kayıplar en aza inmesi, bitki sıra arası ıslak olmadığından üzerinde yürünülebilmesi ve tarım aletleri ile çalışılabilmesi, yüzey akış sorunlarının olmaması şeklinde sıralanabilir (Anonim 2001).

Bryla ve ark. (2003), toprakaltı damla sulama kullanarak fasulyenin su gereksinimini incelemişlerdir. Konulara su uygulanırken Class A Pan’dan olan buharlaşmanın % 50, 100, 150’sini bitkiye vermişlerdir. Lateralleri 0.30, 0.45 ve 0.60 m derinliğe yerleştirmişlerdir. Farklı derinliklere yerleştirilen laterallerin topraktaki su içeriğine ve su kullanımına etkisi olmadığı belirlenmiştir. Çalışma sonucunda derine sızma, buharlaşmanın % 150’sinin uygulandığı konuda ve 0.60 m’de diğer derinliklere göre daha yüksek olmuştur. Bitki kuru madde miktarı laterallerin 0.60 m’ye yerleştirildiği konularda daha az çıkmıştır. Elde edilen sonuçlara göre lateraller 0.30 m ve 0.45 m ye yerleştirildiğinde daha iyi sonuç vereceğini bildirmişlerdir.

Lin-he ve ark. (1987), Japonya’da farklı sulama seviyeleri ve sulama metotlarının fasulyede etkilerini araştırmışlardır. Denemede, günlük olarak ve farklı düzeyde sulama seviyeleriyle, damla sulama, yağmurlama sulama ve yüzey altından damla sulama yöntemleri karşılaştırılmıştır. Araştırma sonunda, toprakaltı damla sulama yöntemi ile 2.4

mm/gün sulama seviyesinin bakla verimini diğer sulama yöntemleri ve seviyelerine göre % 20-36 oranında artırdığı belirlenmiştir.

Ayars ve ark. (1999), California State Üniversitesinde yürüttükleri çalışmasında, damlaticıları 0.46 ve 1.52 m'ye gömdükleri toprakaltı damla sulama yöntemini karık sulama yöntemi ile karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda toprakaltı damla sulama konusunda verimin daha çok yüksek olduğunu, yüzey akış kayıplarının azaldığını, su kullanım etkinliğinin daha fazla olduğu saptanmıştır.

Scholberg ve ark. (2000) topraküstü damla sulama yöntemini ve toprakaltı damla sulama yöntemini kullanarak domates bitkisini sulamışlar, her iki sulama yönteminde de, sulama suyu miktarının artmasıyla bitki gelişiminin arttığını, sulama suyu ile verim arasındaki ilişkinin önemli olduğunu, topraküstü damla sulama yöntemi ile toprakaltı damla sulama yöntemi arasında verimde istatistiksel olarak önemli bir fark olmadığını belirlemişlerdir.

Ayars ve ark. (2001), toprakaltı damla sulama ve karık sulama parsellerinde tuzlu yeraltı suyu kullanarak sulanan domates ve pamuk bitkisi sonuçlarını karşılaştırmışlardır. Çalışmada lateraller 40 cm derinliğe yerleştirilmiş ve tuzluluğu 5 dS/m olan sulama suyu kullanılmıştır. Çalışmalar sonucunda toprakaltı damla sulama ile derine sızma kayıplarının yok denecek kadar azaltıldığını, karık sulama ile karşılaştırıldığında hem pamukta hem de domateste verimi arttırdığını ve toplam uygulama suyunu azalttığını bildirmişlerdir.

3. MATERYAL ve METOT

Araştırmada tam ve yarı ıslatmalı toprakaltı damla sulama ile farklı bitki pan katsayısı konularının fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) verim ve bitki gelişimi üzerine etkileri incelenmiştir.

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Yeri

Araştırma, Kahramanmaraş Tarımsal Araştırma Enstitüsü deneme alanında 2003 yılında yürütülmüştür. Anılan alanın denizden ortalama yüksekliği 700 m olup 27° 11' -38° 36' kuzey paralelleri ve 36° 15'-37° 41' doğu meridyenleri arasında yer almaktadır.

3.1.2. Deneme Yerinin İklim Özellikleri

Kahramanmaraş ili yazları sıcak, kışları ılıktır. Yüksek kesimlerinde ise yazları serin, kışları soğuk ve orta derecede yağışlı iklim özelliğine sahiptir. İl merkezi, Akdeniz İklimi etkisi altındadır. İlçelerde ise Doğu Anadolu Karasal İklimi ile Akdeniz İç Anadolu Geçiş İklim Tipi hüküm sürmektedir.

Kahramanmaraş'ın uzun yıllık iklim verileri (1980-1997) ve 2003 yılına ait verileri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Denemenin yürütüldüğü 2003 yılı uzun yıllık ortalamalara göre daha serin, nemli ve yağışlı geçmiştir. Fasulyenin yetiştirme döneminde ise (31 Temmuz-31 Ekim), Temmuz ve Ağustos ayları iklim değerleri uzun yıllık iklim değerlerinden yüksek bulunmuştur. Eylül ve Ekim aylarının sıcaklık, nem ve yağış değerleri uzun yıllık iklim değerlerinden yüksek çıkmıştır (Anonim, 2003).

3.1.3. Deneme Yerinin Toprak Özellikleri

Deneme alanı toprakları; akarsular tarafından taşınmış alüviyal topraklardır. Bünyeye farklı katmanlar halinde yatay dizilim gösteren birikintilerdir. Arazinin eğimi düze yakın, derin, drenajı iyi, tekstürü kumlu-killi ve I. sınıf tarım arazisidir (Anonim, 1973). Deneme parseli yakınında bir toprak profili açılmıştır. Anılan profilin 0-30 ve 30-60 cm'lik katmanlarından alınan toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçları Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1'de görüldüğü gibi 0-30 ve 30-60 cm toprak derinliklerine göre sırasıyla pH, 7.63 ve 7.51; ağırlık esasına göre tarla kapasitesi, % 26.34 ve 26.62; solma noktası % 14.62 ve 14.49; hacim ağırlığı ise 1.43 ve 1.46 gr/cm³ olarak bulunmuştur. Ayrıca her iki toprak derinliğinde bünye sınıfı SC olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak Katmanı	Bünye Sınıfı	TK	SN	A _s	pH	Katyonlar (me/lt)				Anyonlar (me/lt)		
		Pw (%)	Pw (%)			Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	HCO ⁻³	Cl ⁻	SO ⁻⁴
0-30	SC	26.34	14.62	1.43	7.63	0.45	0.05	1.51	1.28	1.23	0.81	0.26
30-60	SC	26.62	14.49	1.46	7.51	0.48	0.04	1.59	1.55	1.30	0.86	0.99

Çizelge 3.1. Kahramanmaraş'ın, uzun yıllık (1980-1997) ve 2003 yılı ortalama iklim değerleri

Yıllar	İklim Parametreleri	Aylık İklim Değerleri												
		Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık Ort.
Uzun Yıllık Ortalama 1980-1997	Sıcaklık °C	4.3	6.2	10.4	14.9	20	24.7	27.8	27.8	24.8	18.9	12	6.4	16.5
	Minimum Sıcaklık °C	-3.8	-2.1	1.2	12.4	19.8	21.2	21.9	22.0	18.3	15.2	7.3	3.2	11.4
	Maksimum Sıcaklık °C	9.6	14.3	13.4	24.4	32.3	35.8	31.2	34.8	35.2	32.2	18	11	21.3
	Oransal Nem %	69.3	64.6	60.7	58.5	54.8	50.6	51.9	52.5	48.1	55.9	60.8	72.6	58.4
	Toplam Yağış (mm)	142.15	118.8	94.38	68.67	34.96	9.66	3.06	3.47	6.81	36.29	65.69	127.56	711.5
2003 Ortalama	Sıcaklık °C	7.1	3.8	8	15	14.1	25.6	28.3	29.4	24.3	20.3	11.7	6.8	16.2
	Minimum Sıcaklık °C	4	0.9	3.7	9.9	15.4	18.9	22.3	22.4	17.9	14.7	6.8	3.3	11.7
	Maksimum Sıcaklık °C	10.7	7.6	12.4	20.5	29.5	33.1	36.1	38	31.5	27.1	17.7	10.8	22.9
	Oransal Nem %	74.2	74.1	63.6	60.0	51.9	54.0	58.2	56.6	54.7	63.2	70.4	75	63
	Toplam Yağış (mm)	120	213.8	145.8	88.7	30.4	1.6	-	-	22.4	39.2	40.9	154.7	857.5

3.1.4. Sulama Suyunun Sağlanması

Denemede kullanılan sulama suyu, Kahramanmaraş Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde tesis edilmiş kuyudan alınmıştır. Bu kuyudan alınan sulama suyu örneği Anonim (1954)'de verilen yöntemler kullanılarak analiz edilmiş ve analiz sonuçları Çizelge 3.3'de verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda sulama suyu sınıfı C₂S₁ ve sulamaya uygundur. Sulama suyunun elektriksel iletkenliği 0.327 dS/m; pH, 7.0; Na oranı ise % 19 olarak bulunmuştur.

Çizelge 3.3. Sulama suyunun analiz sonuçları

Suyun Sınıfı	EC dS/m	Na %	pH	Katyonlar (me/lt)				Anyonlar (me/lt)			
				Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	CO ⁻³	HCO ⁻³	Cl ⁻	SO ⁻⁴
C ₂ S ₁	0.327	19	7.0	0.35	0.05	1.83	1.79	-	1.2	0.71	0.92

3.1.5. Denemede Kullanılan Fasulye Çeşidi

Çalışmada, Strike fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşidi kullanılmıştır. Strike çeşidi bodur tipte olup 30-40 cm yüksekliktedir. Bakla rengi açık yeşil, dane rengi beyaz ve böbrek şeklinde, çok yapraklı bir fasulye çeşididir. Meyve uzun ve kılçıksızdır. Anılan çeşidin olgunlaşma süresi 45-50 gün olup, erkenci bir çeşittir. Genelde ülkemizdeki bütün bölgelerde tarımı yapılabilmektedir (Yıldırım, 1994).

3.1.6. A Sınıfı Buharlaştırma Kabı

Denemede, standart A sınıfı buharlaştırma kabı kullanılmıştır. Kap, 121 cm çapında, 25.5 cm yüksekliğinde ve 2 mm galvanizli saçtan yapılmıştır. Buharlaştırma kabının yerleştiği yerde, 10 cm yüksekliğinde, kap altında hava akımına izin veren ahşap iskele yerleştirilmiştir. Kaptaki su düzeyi değişimleri cetvel yardımıyla ölçülmüştür. Hayvanların kaptan su içmelerini engellemek için kap üzerine bir tel kafes yerleştirilmiştir. düzenli (Yıldırım ve Madanoğlu, 1985).

3.2. Metot

3.2.1. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analizi

Deneme alanı toprağının temel fiziksel ve kimyasal özelliklerini saptamak için bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır.

Bozulmuş toprak örnekleri, Petersen ve Calvin (1965), Benami ve Diskin (1965), tarafından verilen sistematik toprak örnek alma esasına göre, önceden belirlenmiş toprak profillerinin 60 cm derinliğine kadar 30 cm'lik katmanlar halinde Hollanda tipi burgu ile alınmıştır.

Bozulmamış toprak örnekleri ise, arazinin farklı noktalarında 60 cm derinliğe kadar 30 cm'lik katmanlar halinde açılan profillerden 100 cm³'lük çelik silindir kullanarak alınmıştır (Anonim, 1954).

Toprak Bünyesi, Bouyoucos (1951), tarafından verilen esaslara göre Hidrometre yöntemi ile saptanmıştır.

Hacim Ağırlığı, bozulmamış toprak örnekleri kullanılarak bulunmuştur.

Tarla Kapasitesi ve Solma Noktası bozulmuş toprak örneklerinden yararlanarak basınçlı tencere aleti ile belirlenmiştir. Anılan alette bozulmuş toprak örneklerinin sırasıyla 1/3 ve 15 atmosferde tuttıkları nem içerikleri tespit edilmiştir.

3.2.2. Deneme Parsellerinin Hazırlanması

Deneme alanı ekimden önce pullukla sürülmüş ve rota-tiller geçirilerek ekime hazırlanmıştır. Tohum ekilmeden önce parsellere 50 kg/da olacak şekilde 15.15.15 kompoze gübre uygulanmıştır. Uygulanan azotlu gübrenin geri kalan kısmı ilk çiçeklenme aşamasında, parsellere 50 kg/da amonyum nitrat şeklinde verilmiştir.

Deneme tam ve yarı ıslatmalı toprakaltı damla sulama uygulamaları ile bitki pan katsayılarının bloklara şansa bağlı olarak dağıtılması ile oluşturulan faktöriyel deneme desenine göre 3 yinelemeli olarak kurulmuştur.

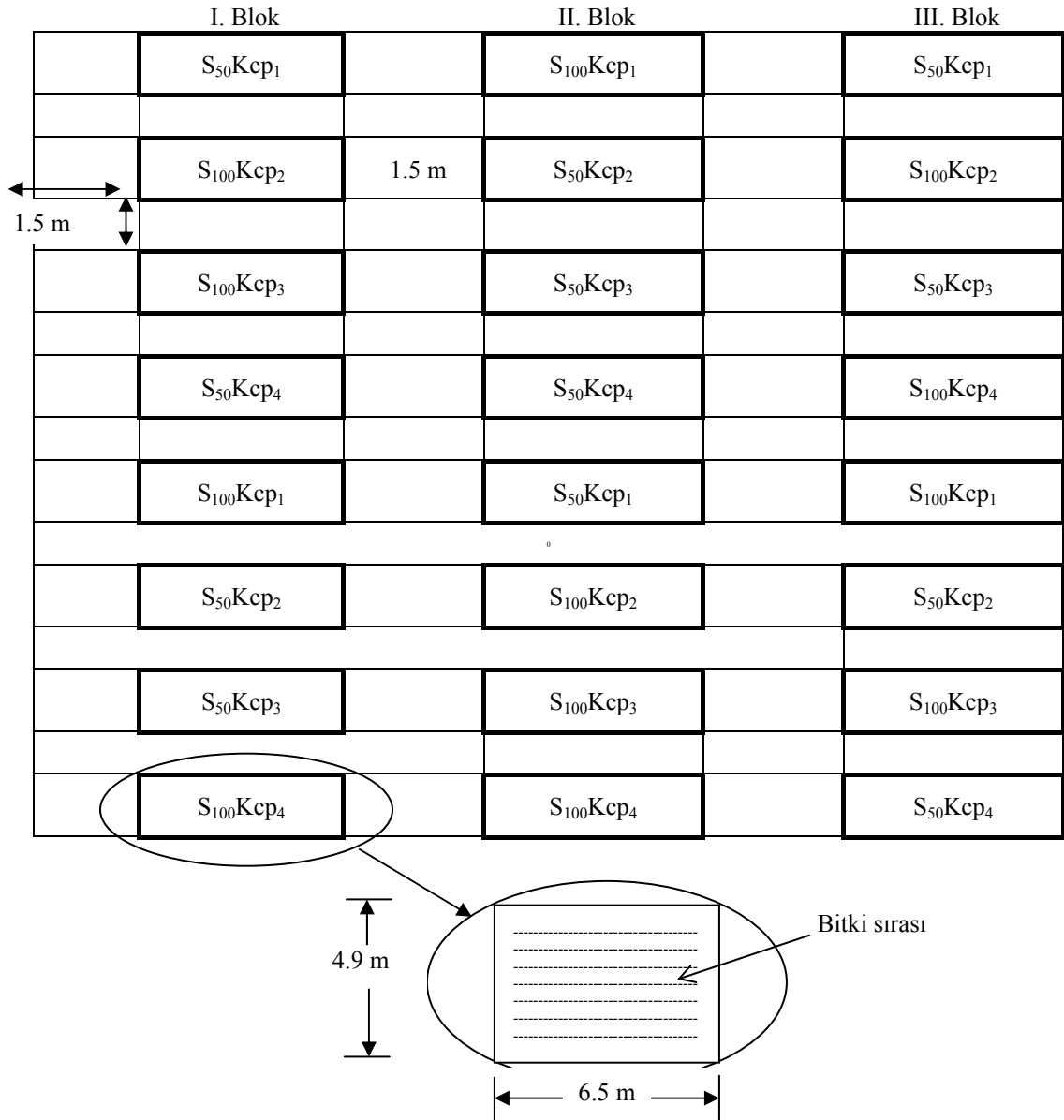
Deneme alanı, uzunluğu 6.5 m ve genişliği 4.9 m olan parsellere (24 adet) bölünmüştür. Hazırlanan deneme parsellerine damla sulama sistemi kurulduktan sonra, sıra arası 70 cm ve sıra üstü yaklaşık 25 cm olacak şekilde 30 Temmuz 2003 tarihinde yeşil fasulye tohumu 3-4 cm derinliğe el ile ekilmiştir. Parsellerin her birinde 7 bitki sırası ve her sırada 26 adet olmak üzere toplam 182 bitki vardır. Konuların birbirlerini etkilememesi için parseller arası mesafe 1.50 m alınmıştır (Şekil 3.1).

Denemeye 30 Temmuz 2003 tarihinde tohum ekimi ile başlanılmış ve 23 Ekim 2003 tarihindeki son hasada kadar sürdürülmüştür. Yeşil fasulye böylece 84 günlük bir vegetasyon süresini kaplamıştır.

Hasatta kenar tesiri etkisini gidermek için parsel başı ve sonundan birer bitki, kenarlardan 1'er sıra atılmıştır. Ortadaki 5 sıra ve her sıradan da 24 bitki olmak üzere toplam 120 adet bitki elle hasat edilmiştir. Şekil 3.1'den görüldüğü gibi parsellerde hasat edilen alan 21.35 m²'dir. Hasatlar, baklalar (yeşil-taze fasulye meyveleri) 12-15 cm'e ulaşınca gerçekleştirilmiştir. Ayrıca bitki gelişimini belirlemek için kullanılan bitkiler, verime ilişkin sonuçların etkilenmemesi için hasatta kullanılan bitkilerden ayrı değerlendirilmiştir. Verimi belirlemek için hasat edilen baklalar konulara göre toplam ağırlıkları bulunmuş ve bakla sayısı belirlenmiştir.

3.2.3. Bakım

Deneme boyunca parsellerde oluşan yabancı otlar el çapası yapılarak (6 Ağustos, 21 Ağustos, 1 Eylül, 14 Eylül ve 6 Ekim) kontrol edilmiştir. Yetiştirme dönemi süresince bitkilerde bir hastalık ve zararlıya rastlanmadığı için herhangi bir ilaçlı mücadele yapılmamıştır.



Şekil 3.1. Araştırmada Kullanılan Damla Sulama Sisteminin Öğeleri, Konumu ve Deneme Planı

3.2.4. Sulama Yöntemi

Deneme parsellerine sulama suyu, yaklaşık 10 cm derinliğinde toprak altına gömülen damla sulama sistemiyle uygulanmıştır. Toprak altına gömülen lateraller, damlatıcıların tıkanmalarını önlemek amacıyla, suyun akışını engellemeyecek şekilde pamuklu kumaş kılıfla kaplanmıştır.

Araştırmada kullanılan damla sulama sisteminin denetim biriminde; basınç düzenleyicisi, kum tankı, elek filtre, manometre, vana ve su sayacına yer verilmiştir. İletim biriminde ise ana boru, yan boru, lateraller ve damlatıcılar bulunmaktadır. Sistemde, 40 mm çapında PVC ana boru, 20 mm çapında PE yan boru, 12 mm çapında PE lateral

borular kullanılmıştır. Lateraller üzerinde 20 cm aralıklarla içten geçik damlatıcılar yer almıştır. Damlatıcı debileri 1 atmosferlik basınçta 4 l/h' dır.

Parsellere uygulanan su miktarı, ana boruya bağlanan sayaç yardımıyla ölçülmüştür. Damla sulama sistemi döşenirken tam su alan konuların bulunduğu parsel başından geçen yan boru, tek hat olarak döşenmiştir. Bu yan boruya her parselde bulunan 7 adet lateral bağlanmıştır. Her parselin başına su akışını kontrol amacıyla bir adet küresel vana takılmıştır. Buna karşılık yarı ıslatmalı olarak sulanan konuların bulunduğu parsellere ise iki hat olarak yan boru döşenmiştir. Bu yan borulardan birine 1, 3, 5, 7 numaralı lateraller diğerine ise 2, 4, 6 numaralı lateraller bağlanmıştır. Ayrıca bu her iki yan borunun başına da birer adet küresel vana takılmış, bu vanalar sayesinde yarı ıslatma sağlanmıştır. Yarı ıslatmalı konularda vanalar her sulamada dönüşümlü olarak kapatılarak su akışı engellenmiş, böylelikle sulama kontrolü sağlanarak, yarı ıslatmalı sulama tekniği parsellere uygulanabilmektedir.

3.2.5. Araştırma Konuları

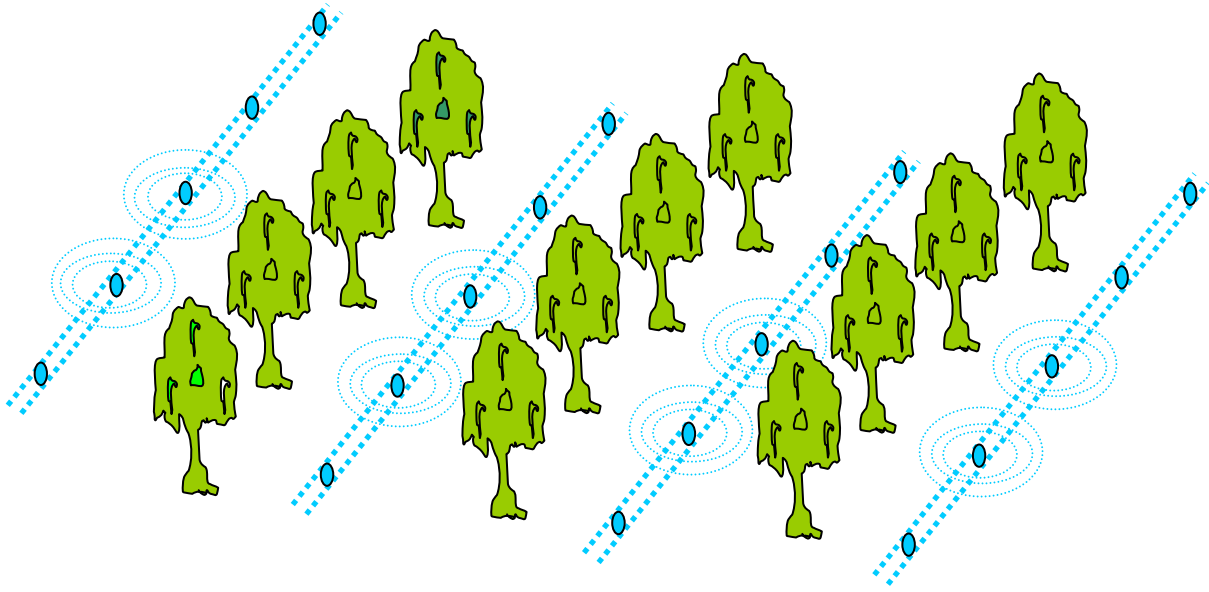
Bu çalışmada sulama konuları, tam (S_{100}) ve yarı ıslatmalı (S_{50}) sulama konuları olarak seçilmiş ve bu sulama konularına da dört farklı bitki pan katsayısı uygulanmıştır. Bitki pan katsayıları 0.60, 0.80, 1.00 ve 1.20'dir. Söz konusu katsayılar K_{cp1} , K_{cp2} , K_{cp3} ve K_{cp4} olarak adlandırılmıştır. Oluşturulan sulama konuları Çizelge 3.4'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Sulama konuları

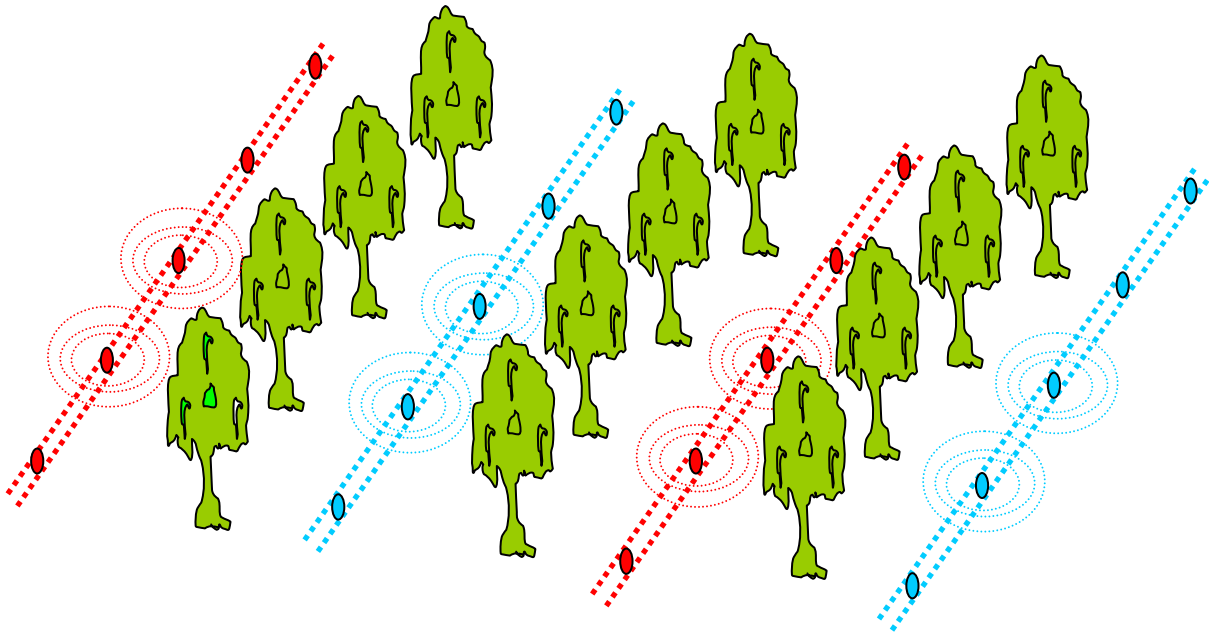
Sulama (S)	Pan Katsayısı (Kcp)	Sulama Konuları
S_{100}	$K_{cp1}=0.6$	$S_{100}K_{cp1}$
	$K_{cp2}=0.8$	$S_{100}K_{cp2}$
	$K_{cp3}=1.0$	$S_{100}K_{cp3}$
	$K_{cp4}=1.2$	$S_{100}K_{cp4}$
S_{50}	$K_{cp1}=0.6$	$S_{50}K_{cp1}$
	$K_{cp2}=0.8$	$S_{50}K_{cp2}$
	$K_{cp3}=1.0$	$S_{50}K_{cp3}$
	$K_{cp4}=1.2$	$S_{50}K_{cp4}$

Tam ve yarı ıslatmalı sulama konulu parsellere laterallerin yerleştirilme düzeni Şekil 3.2'de verilmiştir.

Şekil 3.2'ye göre tam sulama konularının (S_{100}) lateralleri mavi renkli olup hepsine üç günde bir olan sulama gününde su uygulanmaktadır. Yarı ıslatmalı sulama konularında (S_{50}) ise dönüşümlü olarak sulama suyu uygulanan lateraller kırmızı ve mavi renkli olarak gösterilmiştir. Bir sulamada kırmızı renkli laterallere (1, 3, 5 ve 7) su uygulanmış mavi renkli laterallere (2, 4 ve 6) su uygulanmazken, üç gün sonra yapılan diğer sulamada ise mavi laterallere su uygulanmış kırmızı laterallere su uygulanmamıştır. Bu dönüşümlü sulama uygulaması sulama sezonu bitene kadar devam etmiştir.



Tam Sulama



Yarı Islatmalı Sulama

Şekil 3.2. Tam ve yarı ıslatmalı sulama konularının şematik gösterimi (lateraller toprak altına gömülü)

3.2.6. Günlük Buharlaşma Miktarlarının Ölçülmesi

A sınıfı buharlaşma kabında her gün sabah saat 9.00'da su düzeyi ölçümleri yapılmıştır. Ölçülen su düzeyi bir gün önce ölçülen su düzeyinden çıkarılarak günlük buharlaşma miktarı saptanmıştır. Sulama suyu hesaplamasında yığışimli buharlaşma değeri kullanılacaktır. Su buharlaştıkça kap, üstten 5 cm hava payı kalacak şekilde yeniden doldurulmuştur. A sınıfı buharlaşma kabı aralıklarla içerisindeki su boşaltılarak temizlenmiştir.

3.3. Sulama

Sulamalar 3 günde bir olmak üzere konulara göre yapılmıştır. Deneme konularına, A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen buharlaşmanın 3 günlük yığışimli değerlerinin, % 60, % 80, % 100 ve % 120'si uygulanmıştır.

Derinlik olarak saptanan sulama suyu miktarı, parsel alanı olan 32.34 m², bitki gelişimine bağlı olarak değişen örtü yüzdesi ve pan katsayıları ile çarpılarak uygulanacak olan sulama suyu miktarı belirlenmiştir. Belirlenen sulama suyunun sayaç yardımıyla parsellere verilmesi sağlandıktan sonra sulama işlemi sona erdirilmiştir.

Sulama suyu miktarı hesaplanmasında aşağıda verilen Eşitlik 3.1'den yararlanılmıştır (Kanber, 1984),

$$I = E_{pan} \times P \times A \times K_{cp} \quad (3.1)$$

Eşitlikte, I, uygulanacak sulama suyu miktarı (m³), E_{pan}; A sınıfı kaptan ölçülen yığışimli buharlaşma değeri (mm), P; örtü yüzdesi, A; parsel alanı (m²), K_{cp}; Pan katsayısıdır.

Bitki örtü yüzdesi; bitki tarafından gölgelenen alanın sıra arası mesafeye bölünmesiyle hesaplanmıştır. Bitki örtü yüzdesi ölçümleri her sulama işlemi öncesinde yapılmıştır.

3.3.1. Su Tüketiminin Belirlenmesi

Bitki su tüketimi, 15 günlük aralıklarla 60 cm toprak derinliğinde su bütçesi yöntemine göre saptanmıştır (Anonim, 1998). Bu amaçla, ilk toprak örneği alımı ekim tarihinde başlamak üzere her 15 günde bir 30 cm'lik toprak katmanlarından burgu ile toprak örnekleri alınmış ve yaş ağırlıkları tartılmıştır. Yaş ağırlığı tartılan toprak örnekleri 105 °C sıcaklıktaki etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulduktan sonra hassas terazide tartılarak kuru ağırlıkları belirlenmiştir. Su tüketimi bütçe dengesi yöntemiyle bulunmuştur.

$$ET = I + P \pm \Delta S \quad (3.2)$$

Eşitlikte, ET; bitki su tüketimini (mm), I; sulama suyu miktarını (mm), P; yağış miktarını (mm), ΔS; toprak su depolamasındaki değişimini (mm) göstermektedir.

3.3.2. Bitki Katsayısının Belirlenmesi (kc)

Yeşil fasulyenin bitki katsayısı (kc), 10'ar günlük dönemlerde tükettiği suyun aynı dönemlerdeki kıyas bitki (çayır bitkisi) su tüketimine oranlayarak belirlenmiştir (Anonim,1998).

$$kc = ET / ET_0 \quad (3.3)$$

Burada kc; bitki katsayısını, ET; gerçek bitki su tüketimini (mm), ET₀; kıyas bitki su tüketimini ifade etmektedir.

ET₀, hesaplanmasında FAO Penman-Monteith Yöntemi kullanılmıştır. Bu yöntemde kıyas bitki su tüketimi aşağıdaki eşitlik ile tahmin edilmiştir.

$$ET_0 = \frac{\delta}{\delta + \gamma^*} (R_n - G) \frac{1}{\lambda} + \frac{\gamma}{\delta + \gamma^*} u_2 (e_a - e_d) \quad (3.4)$$

Eşitliklerde ET₀; kıyas bitki su tüketimini (mm/gün), δ ; buhar basıncı eğrisinin eğimini (kPa/°C), γ^* ; modifiye psikrometrik sabiteyi (kPa/°C), R_n; bitki yüzeyindeki net radyasyonu (MJ/m²/gün), G; topraktaki ısı akımını (MJ/m²/gün), λ ; buharlama gizli ısısını (MJ/kg), γ ; psikrometrik sabiteyi (kPa/°C), e_d; ortalama hava sıcaklığındaki gerçek buhar basıncını (kPa), e_a; ortalama hava sıcaklığındaki doymuş buhar basıncını (kPa), u₂; 2 m yükseklikte ölçülmüş rüzgar hızı (m/s) değerlerini göstermektedir.

3.3.3. Hasat

Denemede hasatlara 25 Eylül'de başlanılmış ve baklalar (taze fasulye) 12-15 cm ulaştığında hasatlar gerçekleştirilmiştir. Yeşil fasulye yetiştirme dönemi sonuna kadar toplam 4 defa (25 Eylül, 5 Ekim, 14 Ekim ve 23 Ekim) hasat edilmiştir. Hasat edilen baklalar hassas terazide tartılarak, kg cinsinden bir dekardan alınan verim hesaplanmasında kullanılmıştır.

3.3.4. Su-Verim İlişkisi

Deneme konularından belirlenen verim ile sulama suyu ve bitki su tüketimleri arasında regresyon analizi yapılarak su-verim ilişkileri bulunmuştur.

Evapotranspirasyon-verim ilişkisini kullanarak verim tepki etmeni bulunmuştur. Bunun için önce ET-verim ilişkisinde düzeltilmiş verim değerleri bulunmuştur. oransal ET ve oransal verim açığı bulunmuştur. Anılan değerler arasında regresyon analizi yapılarak verim tepki etmeni (ky) bulunmuştur. Modelde Stewart modeli esas alınmıştır (Doorenbos ve Kassam, 1979).

$$(1 - Y_a/Y_m) = ky (1 - ET_a/ET_m) \quad (3.5)$$

Eşitlikte, ET_a; bitkinin yetiştirildiği koşullardaki gerçek su tüketimini (mm), Y_a; gerçek su tüketimine karşılık gelen gerçek verimi (kg/da), ET_m; bitkinin büyüme mevsimi boyunca herhangi bir su eksikliğinin olmadığı koşullarda maksimum bitki su tüketimini

(mm), Y_m ; maksimum su tüketimine karşılık gelen maksimum verimi (kg/da), k_y evapotranspirasyondaki bir birim azalmaya karşılık verimdeki azalmayı veren verim etmenini göstermektedir.

3.3.5. Su Kullanım Randımanı

Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve su kullanım randımanları (WUE), sulama yöntemlerinin karşılaştırılmasında ve sulama programlarının değerlendirilmesinde kullanılan ölçütlerden birisidir (Tanner ve Sinclair, 1983). Su kullanım randımanlarının belirlenmesinde, Howell ve ark. (1994) tarafından verilen Eşitlik 3.6 ve 3.7'den yararlanılarak hesaplanmıştır.

$$IWUE = \frac{E_y}{I} \quad (3.6)$$

$$WUE = \frac{E_y}{ET} \quad (3.7)$$

Eşitlikte, IWUE; sulama suyu kullanım randımanını (kg/da/mm), WUE; su kullanım randımanını (kg/da/mm), E_y ; ekonomik verimi (kg/da), I ; sulama suyunu (mm), ET ; bitki su tüketimini (mm) ifade etmektedir.

3.4. Bitki Gelişimine İlişkin Gözlemler ve Ölçümler

Bitki gelişimi ile ilgili gözlemler, her 15 günde bir deneme parsellerinden o parseli temsil edecek üç bitki seçilerek yapılmıştır. Seçilen bitkiler, tarladan sökülerek bitkilerin toplam meyve sayısı sayılıp yaş ağırlığı tartılmıştır. Ayrıca sökülen bu üç bitkinin; kök boğazından büyüme noktasının en ucuna kadar olan yüksekliği dikkate alınarak bitki boyu ve de taç genişliği ölçülmüştür. Aynı bitkilerde çiçekler sayılarak ortalama bir bitkiye düşen çiçek sayısı belirlenmiştir. Bitkinin kuru madde miktarını belirlemek için gövde, yaprak, ve meyvenin yaş ağırlığı tartılmıştır. Yaş ağırlık tartıldıktan sonra, 65 °C etüvde sabit ağırlığa ulaşınca kadar bekletilip, hassas terazide kuru ağırlığı tartılmıştır.

3.5. Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırmada tam ve yarı ıslatmalı sulama konuları ve bu konulara uygulanan K_{cp1} , K_{cp2} , K_{cp3} ve K_{cp4} alt sulama konularının, meyve verimi ve verim unsurlarına etkilerini belirlemek amacıyla SPSS istatistik paket programında Faktöriyel Deneme Deseni'ne göre varyans analizi ve ortalamalar arasındaki farklı grupların saptanması için LSD çoklu karşılaştırma testi yapılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA**4.1. Sulama Suyu ve Su Tüketimi**

Araştırma konularına göre uygulanan sulama sayıları, su miktarları ve belirlenen mevsimlik su tüketimleri Çizelge 4.1’de verilmiştir.

Deneme parsellerine, tohum ekiminden sulama programı başlangıcına kadar damla sulama yöntemiyle toplam 295 mm su uygulanmıştır. Sulama programına ekimden 35 gün sonra 3 Eylülde başlanılmış, 3 günde bir sulama yaparak son hasada kadar (17 Ekim) toplam 12 kez sulanmıştır (Çizelge 4.1).

Çizelge 4.1’den görüldüğü gibi S_{100} konusuna uygulanan toplam sulama suyu miktarları K_{cp} katsayılarına bağlı olarak 366 ile 437 mm arasında değişmiştir. Tam ıslatmalı konuda (S_{100}) K_{cp1} , K_{cp2} , K_{cp3} sulama konularına uygulanan sulama suyu miktarları K_{cp4} sulama konusuna göre sırasıyla % 16, 11 ve 5 daha az su uygulanmıştır. S_{50} konularına ise 331 ile 366 mm arasında su değişmiştir. Yarı ıslatmalı konuda (S_{50}), K_{cp4} sulama konusuna göre yukarıda verilen sıraya göre su kısıntısı % 10, 6 ve 3’üdür. En fazla sulama suyu 437 mm ile $S_{100}K_{cp4}$ ve 366 mm ile $S_{50}K_{cp4}$, en az sulama suyu ise 366 mm ile $S_{100}K_{cp1}$ ve 331 mm ile $S_{50}K_{cp1}$ konularına uygulanmıştır. Sulama suyu miktarları tam ve yarı ıslatmalı ile K_{cp} katsayılarına bağlı olarak değişmiştir. Bitkilerin her iki tarafının sulandığı tam sulama konularına (S_{100}) daha fazla uygulanmıştır. Sulama programı başladıktan sonra yarı ıslatmalı sulama (S_{50}) konularına, tam sulanan konulara göre yaklaşık % 40 oranında daha az sulama suyu uygulanmıştır. Ancak sulama programına başlanmadan önce her iki sulama konusuna da eşit miktarda sulama suyu uygulandığı için deneme başından itibaren S_{50} konusuna, S_{100} konusundan ortalama % 16 daha az su uygulanmıştır.

Damla sulama yöntemi ile sulanan fasulyenin mevsimlik toplam sulama suyu miktarlarını Sezen ve ark. (2004), Mersin-Tarsus’ta yürüttüğü çalışmada 385 mm; Silim ve Saxena (1993), Suriye’de 439 mm; Borošic ve ark. (2000) Zagreb’te 400 mm olarak belirlemişlerdir. Karık sulama yöntemi ile Güngör (1982), Eskişehir’de 408 mm; Güngör ve Öğretir (1979), Eskişehir’de 434 mm; Oylukan (1967), Orta Anadolu koşullarında 495 mm; Cevizci (1995), Van’da yürüttüğü çalışmada 495.1 mm olarak belirlemişlerdir. Yukarıda verilen araştırmacılar tarafından verilen mevsimlik sulama suyu miktarları bu çalışmanın sonuçları ile uyumludur.

Aşağıda verilen araştırmacıların mevsimlik sulama suyu bulguları, bu çalışmanın bulgularından küçük çıkmıştır. Fasulyenin mevsimlik sulama suyu miktarlarını Bahçeci (1995), Konya’da yağmurlama sulama sistemi ile yürüttüğü çalışmada 350.6 mm; Barros ve Hanks (1993), yağışlı koşullarda 268 mm, Günbatılı (1993), Tokat-Kazova’da kısıntılı su uygulamasında 314 mm olarak belirlemişlerdir.

Damla sulama yöntemiyle sulanan fasulyenin mevsimlik su sulama suyu miktarlarını Evren ve Sevim (1998), Erzurum Ovası koşullarında 528 mm, Yıldırım (1994) Ankara’da yürüttüğü çalışmada ortalama 681.3 mm bulmuşlardır. Bu araştırmacıların sonuçları toprakaltı damla sulamayla sulanan bu çalışmadaki sulama suyu miktarından büyük çıkmıştır.

Fasulye bitkisinin S_{100} konusunda mevsimlik su tüketimi değerleri, Kcp katsayılarına bağlı olarak sırasıyla 396 - 470 mm arasında değişmiştir. Mevsimlik su tüketimi Kcp₄ göre Kpc₁'de % 16, Kcp₂'de % 11 ve Kcp₃'de ise % 6 daha düşük olduğu belirlenmiştir. Yarı ıslatmalı sulama konularında ise mevsimlik su tüketim miktarları 364 ile 409 mm arasında bulunmuştur. Bu konuda da en yüksek su tüketim değeri olan Kcp₄ konusuna göre Kpc₁, Kcp₂ ve Kcp₃ konularında sırasıyla, % 11, 5 ve 3 daha az su tüketim değeri bulunmuştur. Su tüketiminin en yüksek olduğu $S_{100}Kcp_4$ ve $S_{50}Kcp_4$ sulama konularında tüketim miktarı sırasıyla 470 ve 409 mm'dir. Tam sulama konusu yarı ıslatmalı sulama konusuna göre yaklaşık olarak % 13 daha fazla su tüketmiştir. Su tüketiminin en düşük olduğu $S_{100}Kcp_1$ ve $S_{50}Kcp_1$ sulama konularında tüketim miktarı ise sırasıyla 396 ve 367 mm'dir. S_{100} konusunda su tüketimi S_{50} 'ye göre % 8 daha fazla olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1).

Cevizci (1995), Van'da karık sulama yöntemi kullanarak fasulyenin mevsimlik su tüketimini 486.4 mm; Bahçeci (1995), yağmurlama sulama ile suladığı fasulyenin mevsimlik su tüketimini Konya koşullarında 502.8 mm; Barros ve Hanks (1993), yağışlı koşullarda ortalama 402.3 mm; Oylukan (1967), Orta Anadolu koşullarında karık sulama ile 500 mm olarak bulmuşlardır. Anılan su tüketim sonuçları bu çalışmanın su tüketim sonuçları ile paralellik göstermektedir. Ayrıca belirtilen su tüketim sonuçlarından farklı olarak, fasulyenin mevsimlik toplam su tüketimini Güngör ve Öğretir (1979) ile Güngör (1982), Eskişehir'de karık sulama yöntemi kullanarak sırasıyla 613.1, 516.2 mm; Günbatılı (1993), Tokat-Kazova'da kısıntılı su uygulamasında 517.4 mm; Damla sulama yöntemini kullanan Evren ve Sevim (1998), Erzurum Ovası koşullarında 604 mm, Yıldırım (1994) Ankara'da 683.7 mm; Sezen ve ark. (2004), Mersin-Tarsus'ta 320 mm bulmuşlardır.

Daha önce yapılan çalışmalarda elde edilen toplam sulama suyu ve su tüketim miktarları ile bu çalışmanın sulama suyu ve su tüketim miktarları toprak, bitki ve iklim ilişkilerine bağlı olarak değişiklik göstermiştir.

Çizelge 4.1. Deneme konularına her sulamada uygulanan toplam sulama suyu miktarları ve su tüketimleri (mm)

Sulama Konuları	Prog. Öncesi (mm)	Sulama Sayısı												I (mm)	ET (mm)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
$S_{100}Kcp_1$	295	7.7	6.3	7.8	6.9	1.7	7.7	6.9	6.9	5.1	5.1	4.6	4.1	366	396
$S_{100}Kcp_2$	295	10.3	8.4	10.4	9.1	2.3	10.3	9.3	9.1	6.9	6.9	6.2	5.5	390	419
$S_{100}Kcp_3$	295	12.9	10.5	13.0	11.4	2.9	12.9	11.6	11.4	8.6	8.6	7.7	6.9	413	441
$S_{100}Kcp_4$	295	15.4	12.6	15.6	13.7	3.4	15.4	13.9	13.7	10.3	10.3	9.3	8.2	437	470
$S_{50}Kcp_1$	295	3.3	3.6	3.4	3.9	0.7	4.4	3.0	3.9	2.2	2.9	2.0	2.3	331	364
$S_{50}Kcp_2$	295	4.4	4.8	4.5	5.2	1.0	5.9	4.0	5.2	2.9	3.9	2.7	3.1	343	387
$S_{50}Kcp_3$	295	5.5	6.0	5.6	6.5	1.2	7.3	5.0	6.5	3.7	4.9	3.3	3.9	354	398
$S_{50}Kcp_4$	295	6.6	7.2	6.7	7.8	1.5	8.8	6.0	7.8	4.4	5.9	4.0	4.7	366	409

4.2. Verim

Pan katsayılarına (Kcp) bağlı olarak oluşturulan tam (S₁₀₀) ve yarı ıslatmalı (S₅₀) sulama konularının fasulye verimine olan etkilerini belirlemek amacıyla yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Çizelge 4.2’de görüldüğü gibi, S₁₀₀ ve S₅₀ sulama konuları ve pan katsayılarının verime etkisinin istatistiksel olarak önemli olmadığı bulunmuştur. Kökün her iki tarafının da sulandığı S₁₀₀ sulama konusu ile yarısının sulandığı S₅₀ sulama konusunun verime olan etkilerinin birbirlerine yakın olduğu görülmüştür.

Kcp katsayılarının verim üzerine olan etkileri LSD karşılaştırma testi ile gruplandırılmıştır. S₁₀₀ ve S₅₀ sulama konularında Kcp katsayılarının verim üzerine olan etkileri üç gruba ayrılmıştır. Birinci grubu Kcp₄, ikinci grubu Kcp₃ ve Kcp₂; üçüncü grubu ise Kcp₁ oluşturmuştur (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.2. Verime ilişkin varyans analiz sonuçları

V.K.	K.T.	S.D.	K.O	F	Sig.
Sulama	31575.211	1	31575.211	1.196	0.388
Pan	414511.415	3	138170.472	2.285	0.131
Sulama * Pan	41164.715	3	13721.572	0.227	0.876
Tekerrür	55764.219	2	27882.110	1.057	0.486
Sulama * Tekerrür	52779.594	2	26389.797	0.436	0.656
Hata	834048.965	16	52128.060		
Toplam	22135855.321	24			
P>0.05					

Birinci grubu (a), hem tam sulama da hem de yarı ıslatmalı sulama konularında Kcp₄, ikinci grubu (ab) Kcp₃ ve Kcp₂ alt sulama konuları oluşturmuştur. Anılan konuların sulama suyu miktarları en fazla ve buna bağlı olarak da verim en yüksek çıkmıştır. Üçüncü grubu (b) ise, en az su uygulanan Kcp₁ konusu oluşturmuştur. Bu konuda en az verim alınmıştır.

Çizelge 4.3. Deneme konularından elde edilen verim değerleri (kg/da)

Tekk.	S ₁₀₀				S ₅₀			
	Kcp ₁	Kcp ₂	Kcp ₃	Kcp ₄	Kcp ₁	Kcp ₂	Kcp ₃	Kcp ₄
1	814	974	1177	632	481	1037	1058	749
2	819	806	891	1320	913	735	954	1394
3	745	1173	950	1310	664	605	1042	1108
Ort	793b	985ab	1006ab	1087a	686b	792ab	1018ab	1084a

LSD: 309.49

S₁₀₀ ve S₅₀ konularında verim, Kcp katsayılarına bağlı olarak sırasıyla 793 ile 1088 kg/da ve 686 ile 1084 kg/da arasında değişmiştir.

Kcp₁, Kcp₂ ve Kcp₃ sulama konularından elde edilen verim miktarları, en fazla sulama suyu uygulanan Kcp₄ konusunun verim değerleri ile karşılaştırıldığında sırasıyla, S₁₀₀ konusunda % 27, 9 ve 7; S₅₀ konusunda % 37, 27 ve 6 oranında bir azalma görülmüştür (Çizelge 4.3).

Damla sulama sistemi kullanılarak fasulye verimlerini Evren ve Sevim (1997) Erzurum Ovası koşullarında 1344 kg/da; Yıldırım (1994), Ankara koşullarında (4 gün ara ile sulandığında) 1273.7 kg/da; Sezen ve ark (2004), Mersin-Tarsus'ta 1675 kg/da; Acosta ve Adams (1991), su stresi ve stressiz koşullarında Meksika için ortalama 647 ve 1118 kg/da, Amerika için ise 1091 ve 2648 kg/da; Sau ve Mínguez (2000), Akdeniz'de 600 kg/da olarak belirlemiştir.

Elde edilen bulgular önceki birçok araştırma ile benzerlik içerisindedir. Nitekim biberlerle yürütülen bir çalışmada kısmi kök kuruluğu yöntemi ile sulamadan % 40 su tasarrufu sağlanırken verimde azalma meydana gelmemiştir (Kang ve ark., 2001). Yine domateslerde kısmi kök kuruluğu yöntemi ile köklerinin yarısı ıslatılan bitkilere kontroldekinden % 50 daha az su verildiği halde; meyve sayısı, ortalama yaş meyve ağırlığı, toplam yaş meyve verimi, ve hasat indeksinde önemli bir değişikliğin olmadığı; meyvelerin daha iyi renklendiği; meyvelerde daha çok kuru madde birikimi elde edildiği bildirilmektedir (Zegbe ve ark. 2004). Diğer taraftan fasulyede kısmi kök kuruluğu yöntemi ile yapılan sulamanın beklenildiği gibi su tasarrufu sağladığı ancak bakla ve sürgün kuru ağırlığında azalmaya neden olduğu yönünde sonuç elde edilen bir araştırmada bulunmaktadır (Wakrim ve ark., 2005).

4.3. Sulama Suyu ve Su Tüketimi - Verim İlişkisi

S₁₀₀ ve S₅₀ sulama konularına uygulanan sulama suyu ve mevsimlik su tüketim miktarlarıyla ortalama verimler arasında su-verim ilişkileri saptanmıştır. Anılan ilişkiler Şekil 4.1 ve 4.2 de verilmiştir.

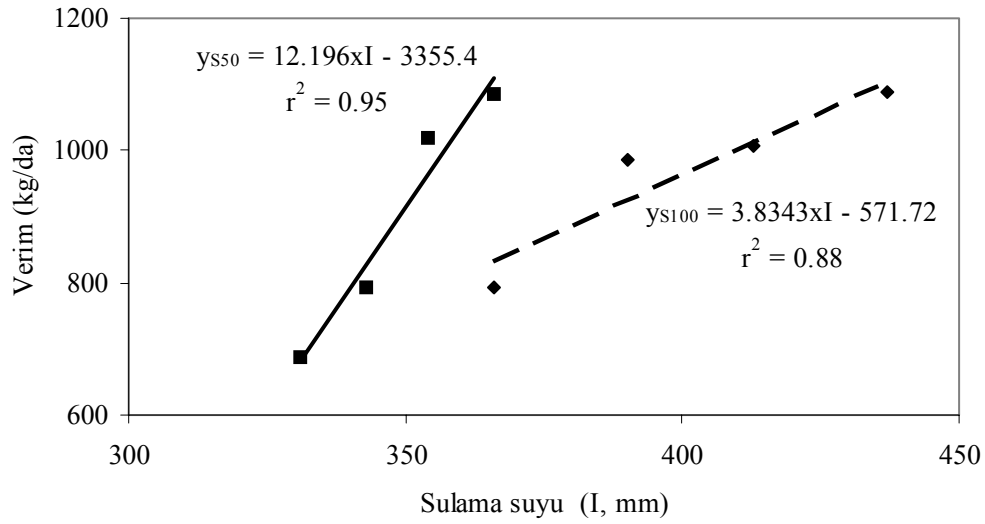
Verim ile sulama suyu arasında S₁₀₀ ve S₅₀ konularında sırasıyla $Y_{S100} = 3.843xI - 571.72$ ($r^2 = 0.88^*$) ve $Y_{S50} = 12.196xI - 3355.4$ ($r^2 = 0.95^*$) şeklinde birinci dereceden eşitlik bulunmuştur. Verim ile evapotranspirasyon arasında ise $Y_{S100} = 3.67xET - 611.94$ ($r^2 = 0.86^*$) ve $Y_{S50} = 9.30xET - 2728.9$ ($r^2 = 0.91^*$) şeklinde birinci dereceden eşitlik bulunmuştur (Şekil 4.1 ve 4.2).

Şekilden de anlaşılacağı üzere birim suya karşılık belirlenen verim fonksiyonu, yarı ıslatmalı sulama tekniği uygulanan sulama konularında, tam ıslatmalı sulama tekniği uygulanan sulama konularına oranla 3.2 ve 2.5 kat daha artmıştır. Uygulanan her 100 mm sulama suyu için S₁₀₀ konularında 384.3 kg/da, S₅₀ konularında ise 1219.6 kg/da verim artışı olacaktır.

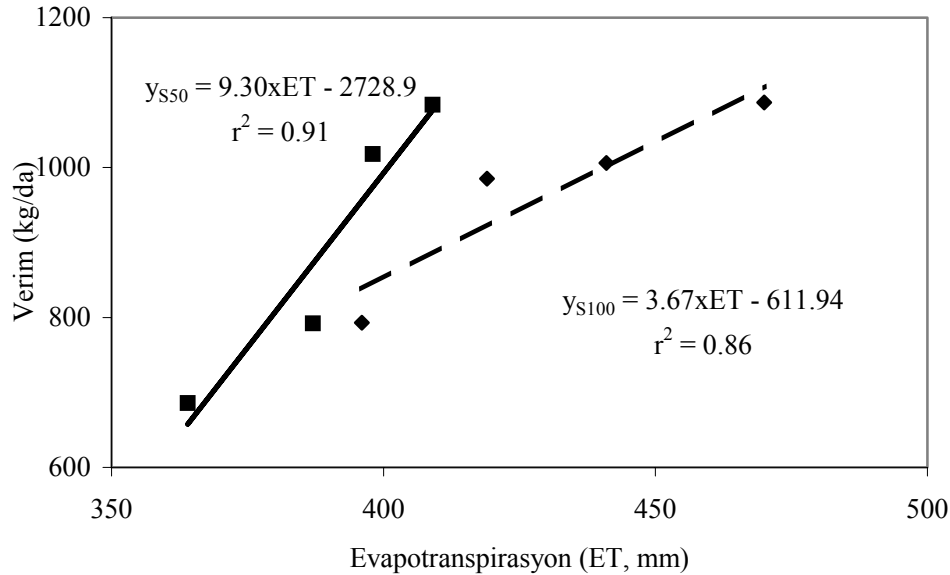
Derviş (1990), sulama ve verim arasındaki ikinci dereceden ilişki belirlemiştir. Sezen (2004) ve Bahçeci (1995) su tüketimi ve verim arasındaki doğrusal ilişki olduğunu saptamışlardır.

4.4. Oransal Evapotranspirasyon Açığı (1-ETa / Etm) ile Oransal Verim Azalışı (1-Ya / Ym) İlişkisi

Deneme yılında, oransal evapotranspirasyon açığı (1-ETa/Etm) ve oransal verim azalışı (1-Ya/Ym) değerlerini kullanarak toplam büyüme mevsimi için verim tepki etmeni (ky), S₁₀₀ için 1.55, S₅₀ için ise 3.54 olarak bulunmuştur (Şekil 4.3). S₅₀ konusunun verim tepki etmeni S₁₀₀ konusundan 2.3 kat daha yüksek çıkmıştır.

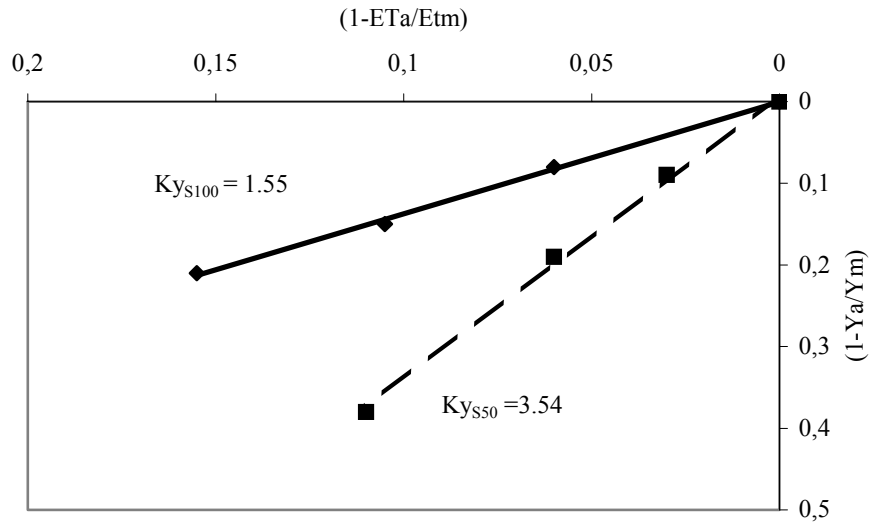


Şekil 4.1. Sulama suyu (I) verim (Y) ilişkisi



Şekil 4.2. Evapotranspirasyon (ET) verim (Y) ilişkisi

Fasulye bitkisinin mevsimlik verim tepki etmenini (ky), Doorenbos ve Kassam (1979) 1.15, Bahçeci (1995) 1.33 ve Sezen ve ark. (2004) 1.2 olarak belirlemiştir. Bu denemenin verim tepki etmeni sonucu, yukarıda değinilen çalışmaların sonuçlardan yüksek çıkmıştır.



Şekil 4.3 Oransal evapotranspirasyon açığı ile oransal verim azalışı ilişkisi

4.5. Su Kullanım Randımanı

Denemede fasulye için belirlenen sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve su kullanım randımanı (WUE) değerleri Çizelge 4.6'da verilmiştir. Çizelge 4.6'dan görüldüğü gibi S_{100} konusunda pan katsayılarına bağlı olarak IWUE 2.17 ile 2.53 kg/da/mm, WUE ise 2 ile 2.35 kg/da/mm arasında değişmiştir. En yüksek IWUE (2.53 kg/da/mm) ve WUE (2.35 kg/da/mm) $S_{100}Kcp_2$ konusundan elde edilmiştir. Tam sulamanın Kcp_2 , Kcp_3 ve Kcp_4 konularında IWUE ve WUE, birbirine yakın çıkmıştır.

Yarı ıslatmalı sulamanın Kcp_1 , Kcp_2 , Kcp_3 ve Kcp_4 sulama konularında IWUE, 2.07 ile 2.96 kg/da/mm, WUE ise 1.89 ile 2.75 kg/da/mm arasında değişmiştir. En yüksek IWUE ve WUE Kcp_4 sulama konusunda hesaplanmıştır. En yüksek IWUE (2.96 kg/da/mm) ve WUE (2.75 kg/da/mm) $S_{50}Kcp_4$ konusundan elde edilmiştir. Uygulanan sulama suyu arttıkça sulama suyu kullanım randımanı ve su kullanım randımanında artış olmuştur. S_{50} 'nin Kcp_3 ve Kcp_4 konularında IWUE ve WUE değerleri, S_{100} 'ün aynı konularından ortalama % 15 daha yüksek çıkmıştır (Çizelge 4.4). Bu durum, verimde herhangi bir farklılık bulunmamasına rağmen yarı ıslatmalı sulama yöntemi ile daha az su uygulanabileceğinin bir göstergesi olarak saptanmıştır.

Çizelge 4.4. Damla sulama sisteminde belirlenen su kullanım randımanları

Sulama Konuları	Sulama Suyu (mm)	ET (mm)	IWUE (kg/da/mm)	WUE (kg/da/mm)
$S_{100}Kcp_1$	365.93	396.20	2.17	2.00
$S_{100}Kcp_2$	389.57	418.80	2.53	2.35
$S_{100}Kcp_3$	413.21	441.48	2.43	2.28
$S_{100}Kcp_4$	436.86	469.96	2.49	2.31
$S_{50}Kcp_1$	330.68	363.68	2.07	1.89
$S_{50}Kcp_2$	342.57	387.46	2.31	2.04
$S_{50}Kcp_3$	354.46	397.71	2.87	2.56
$S_{50}Kcp_4$	366.35	408.52	2.96	2.75

Bryla ve ark (2003) toprakaltı damla sulamada fasulyenin WUE'yi 1.6 kg/da/mm; IWUE'yi 1.9 kg/da/mm, Barros ve Hanks (1993), WUE' yi 3.62 kg/da/mm, Sezen ve ark. (2004), WUE' yi ortalama 5.14 kg/da/mm, IWUE'yi 4.97 kg/da/mm olarak bulmuşlardır. Anılan çalışmalarda hesaplanan su kullanım randımanları ile yürütülen çalışmada hesaplanan su kullanım randımanları arasında farklılıklar çıkmıştır. Bu farklılıklar iklim şartlarına, uygulanan sulama miktarına, alınan verime bağlanılabilir.

4.6. Bitki Katsayıları

Bitki katsayıları, bitkinin fizyolojisini, örtü derecesini, verilerin derlendiği yöreyi ve potansiyel evapotranspirasyon değerinin hesaplandığı yöntemi yansıtır. Bitki katsayılarını gösteren bir çok eğri veya çizelge, tam sulanan bitkilere ilişkin değerleri vermektedir (Anonim, 1967; Burman ve Pochop, 1994).

Bitki katsayıları (kc) Çizelge 4.5'de verilmiştir. Bitki katsayısı, bitkinin gelişme dönemine bağlı olarak önce artmış sonra da azalmıştır. Bitkinin ilk gelişme dönemlerinde ortalama 0.4 olmuştur. Eylül ayına gelen yetiştirme döneminin ortasında en yüksek değere olan 1.27'ye ulaşmıştır. Deneme sonlarına doğru kc değeri düşmeye başlayıp ortalama 0.1'e kadar gerilemiştir.

Çizelge 4.5. Çeşitli gelişme dönemlerinde hesaplanan bitki katsayısı

Yetiştirme Dönemi	10. gün	20. gün	30. gün	40. gün	50. gün	60. gün	70. gün	80. gün	90. gün
Kc	0.34	0.58	0.92	1.22	1.27	0.83	0.4	0.14	0.06
ET	1.2	2.1	3.3	4.3	4.6	2.7	1.4	0.5	0.22
ET ₀	3.53	3.61	3.58	3.53	3.62	3.59	3.54	3.6	3.6

Sezen ve ark. (2004) fasulyenin mevsimlik kc katsayısını 1.23; Anonim (1998), kc katsayısını sezon başında 0.4, sezon ortasında 1.15 ve sezon bitiminde 0.55; Medeiros ve ark. (2000), Brezilya'da yürüttükleri denemede fasulyenin kc katsayısını deneme parsellerinde bulunan bitki sayısındaki farklılığa göre 1.0-1.2 arasında değişen değerlerde bulmuşlardır. Anılan çalışmalarda belirlenen kc değerleri ile bu çalışmada fasulyenin yetiştirme döneminin ortasında elde edilen kc değerleri arasında paralellik göstermektedir.

4.7. Bitki Kuru Madde Miktarı

Fasulyede tam ve yarı ıslatmalı sulama konularının bitki başına düşen kuru madde miktarına olan etkisi istatistiki olarak önemsiz bulunmuştur.

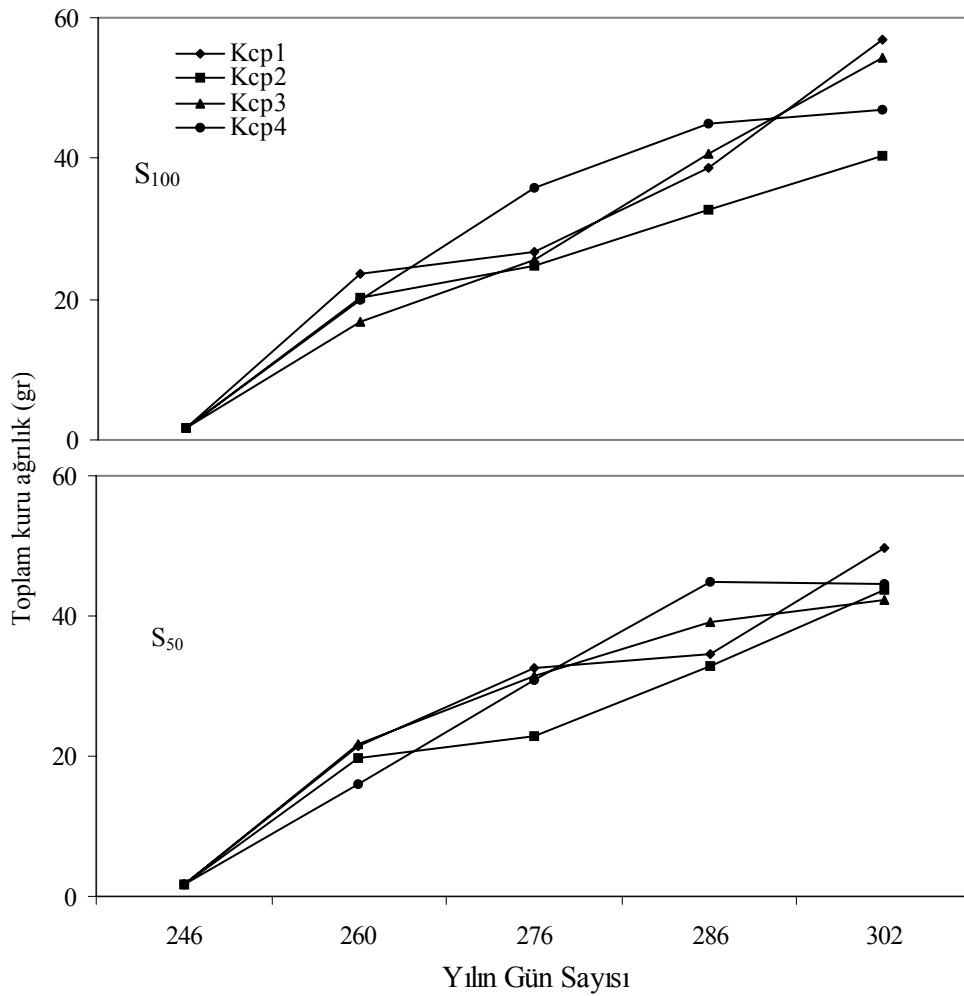
Tam sulama konusu olan S₁₀₀ sulama konusundaki kuru madde miktarı, yarı ıslatmalı sulama konusu olan S₅₀ konusundan elde edilen kuru madde miktarından daha fazla çıkmıştır. Kuru madde miktarı bitkinin gelişme dönemine bağlı olarak artmıştır.

Bitkinin ilk yetiştirme döneminde kuru madde miktarı her iki sulama konusunda ortalama 1.8 gr/bitki çıkmıştır. S₁₀₀ sulama konusundaki kuru madde miktarı yetiştirme döneminin ortasında ortalama 26 gr/bitki, S₅₀ konusunda ise ortalama 23 gr/bitki olarak belirlenmiştir. Yetiştirme döneminin sonunda ise S₁₀₀ sulama konusundaki kuru madde

miktarı ortalama 50 gr/bitki, S_{50} sulama konusunda ise ortalama 45 gr/bitki olarak belirlenmiştir (Şekil 4.4.).

Sonuç olarak tam sulama ve yarı ıslatmalı sulama konusunda uygulanan sulama suyu miktarı K_{cp} katsayılarına bağlı olarak arttıkça kuru madde miktarında bir artış gözlenmiştir.

Hedge ve Srinivas (1989) kullanılabilir nem seviyesindeki azalmanın fasulyenin kuru madde miktarında azalmaya sebep olduğunu belirlemişlerdir. Güvenç (1993), topraktaki elverişli nem % 50'ye düştüğünde sulama yapıldığında, toplam kuru madde miktarını % 17.78; Husain ve ark. (1988), Temmuz ayında ekilen ve damla sulama yöntemi ile sulanan fasulyenin kuru madde miktarını % 20 olarak belirlemişlerdir. Millar ve Gardner (1972), topraktaki su kısıntısı durumuna bağlı olarak toplam kuru madde miktarının % 47 oranında azalacağını bildirmiştir. Su stresinin şiddetine, uzunluğuna ve sıklığına bağlı olarak bitkideki kuru madde miktarının düştüğü belirlenmiştir (Mwanamwenge ve ark 1999; Mouhouche ve ark. 1998).



Şekil 4.4. Sulama konularından belirlenen kuru madde

4.8. Bitki Gelişimi İle İlgili Sonuçlar

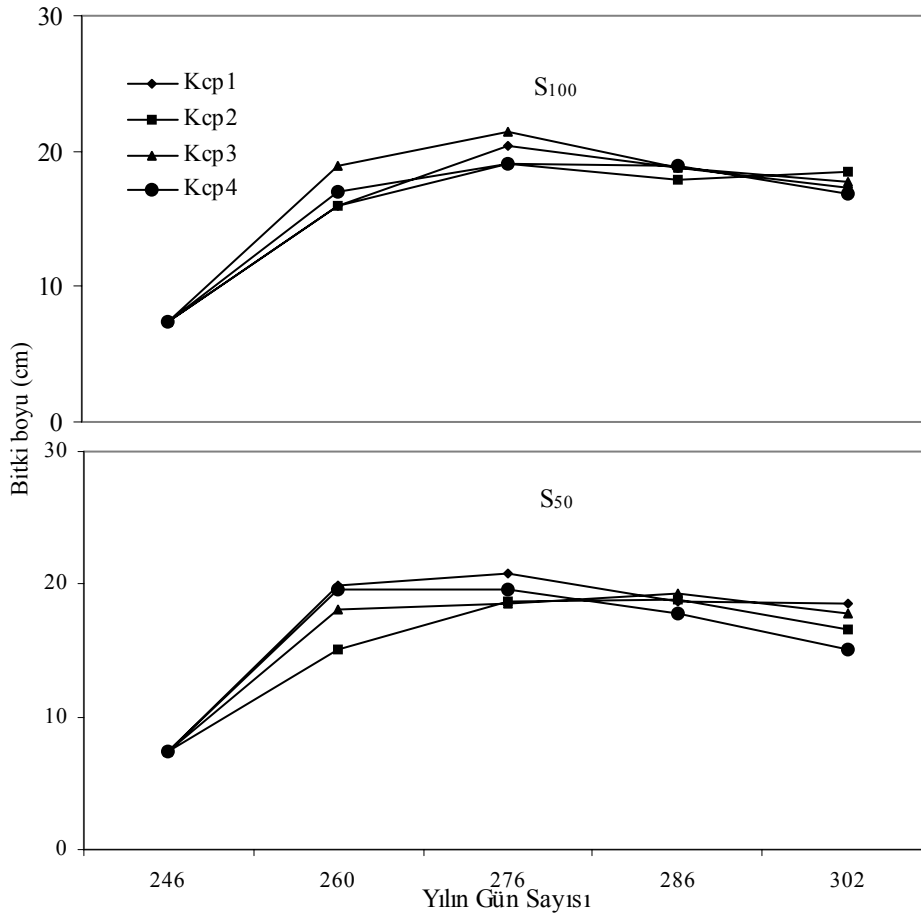
4.8.1. Bitki Boyu

Yapılan istatistiksel analiz sonucunda bitki boyundaki gelişme tam sulanan konular ile daha az su uygulanan yarı ıslatmalı olarak sulanan konular arasında önemsiz bulunmuştur.

En yüksek bitki boyları tam sulama uygulanan $S_{100}Kcp_1$, $S_{100}Kcp_2$, $S_{100}Kcp_3$ ve $S_{100}Kcp_4$ konularında sırasıyla 18, 17, 19 ve 19 cm; yarı ıslatmalı sulama uygulanan S_{50} sulama konusunda ise sırasıyla 19, 18, 20 ve 19 cm olarak ölçülmüştür.

Tam ve yarı ıslatmalı sulama konularının her ikisinde de, bitki boyu gelişme hızı, 246 - 260. günler arası hızlı olmuş, 260 - 276. günler arası ise yavaşlamış ve 276. günden sonra durmuştur (Şekil 4.5).

Farklı miktarda sulama suyu uygulanmasına rağmen tam ve yarı ıslatmalı sulama konularında bitki boyları arasında fark çıkmamıştır. Bu durumun kullanılan fasulye çeşidinin bodur tipte olmasından kaynaklandığını söylemek olasıdır.



Şekil 4.5. Sulama konularına göre bitki boyu gelişimi

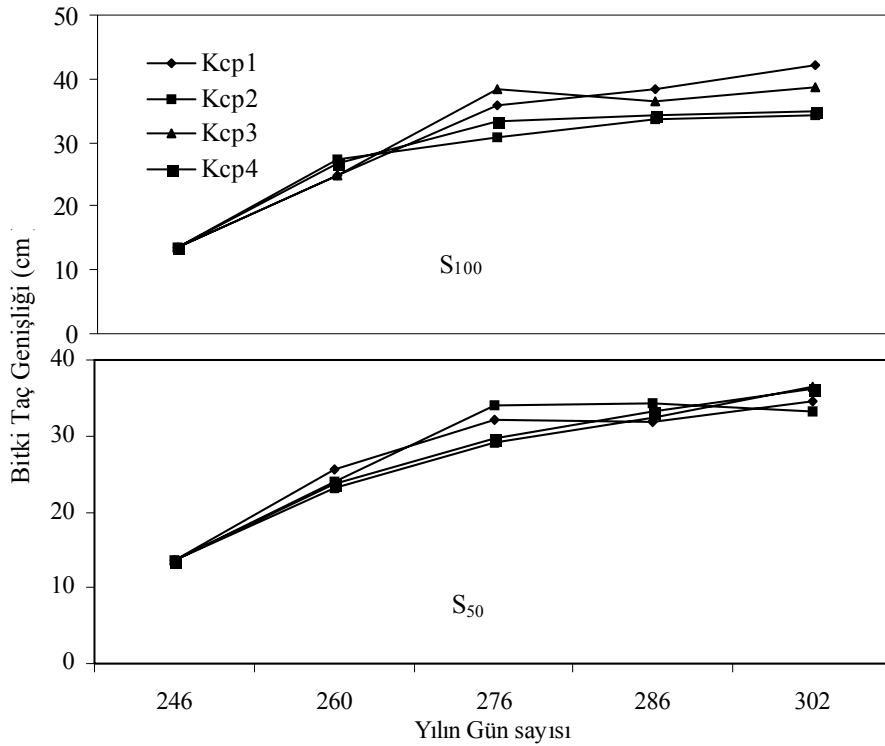
4.8.2. Taç Genişliği

Denemede bitki taç genişliği ekimden hasat sonuna kadar düzenli aralıklarla ölçülmüştür. Bitki taç genişliği bitki geliştikçe artmış, denemenin sonunda 35-40 cm'ye ulaşmıştır.

Bitki tacı gelişimi bakımından tam ve yarı ıslatmalı konular istatistiksel analize tabi tutulmuş ve analiz sonucunda konular arasında fark önemsiz bulunmuştur.

Tam sulama konuları olan $S_{100}Kcp_1$, $S_{100}Kcp_2$, $S_{100}Kcp_3$ ve $S_{100}Kcp_4$ sulama konularında taç genişliği sırasıyla 35, 37, 39 ve 42 cm ve yarı ıslatmalı sulama konuları olan $S_{50}Kcp_1$, $S_{50}Kcp_2$, $S_{50}Kcp_3$ ve $S_{50}Kcp_4$ sulama konularında ise taç genişliği 34, 33, 36 ve 36 cm olarak ölçülmüştür. Her iki sulama konusunda da Kcp arttıkça taç genişliği de artmıştır.

Bitki tacı gelişme hızı, 246 ve 276. günler arası çok hızlı bir gelişme göstermiştir. 276. günden sonra gelişme hızı yavaşlamış, gelişim deneme sonuna kadar devam etmiştir (Şekil 4.6).



Şekil 4.6. Sulama konularına göre bitki taç gelişimi

4.8.3 Çiçek Sayısı

Denemede çiçek sayısı ekimden hasat sonuna kadar düzenli aralıklarla sayılmıştır. Tam sulama konularında ve yarı ıslatma sulama konularında ilk çiçeklenme 09 Eylül 2003 (252. gün) tarihinde görülmüştür. Anılan tarihten itibaren çiçeklenme bitki geliştikçe gelişim göstermiştir.

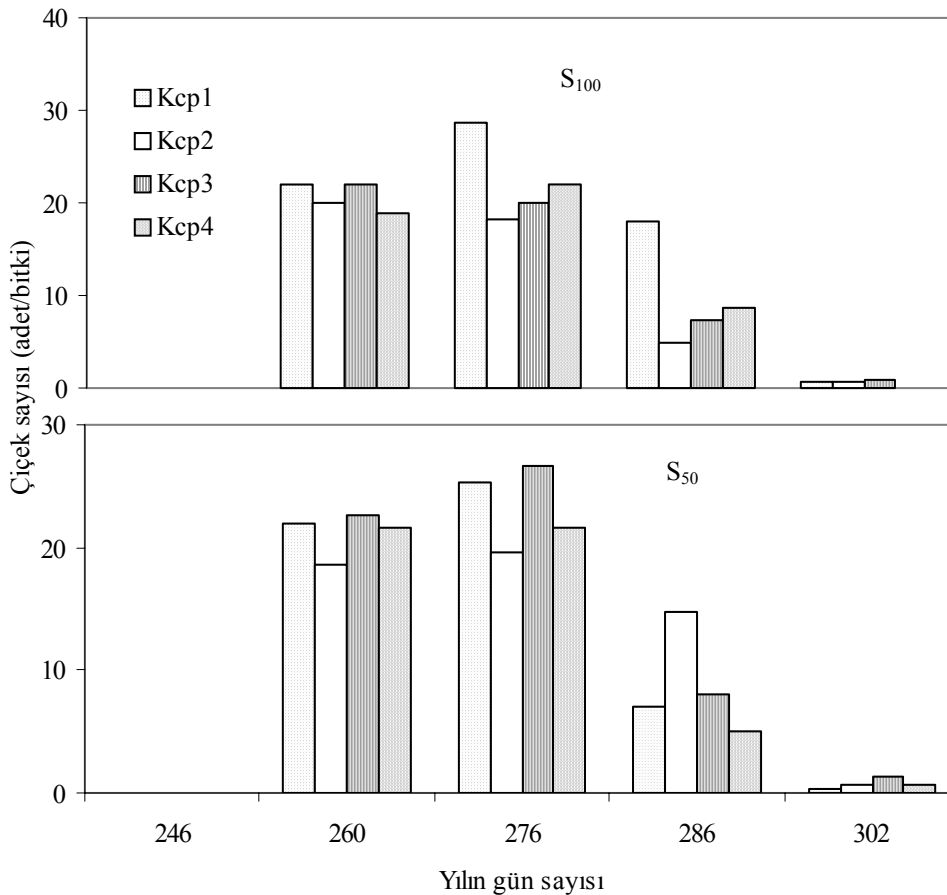
Yetiştirme sezonu boyunca deneme parsellerinden her 15-16 günde bir belirlenen bitkilerden elde edilen çiçek sayısı Şekil 4.7’de verilmiştir.

Tam sulama ve yarı ıslatmalı sulama konularında belirlenen çiçek sayılarında yapılan istatistiksel analiz sonucunda önemli bir fark bulunamamıştır.

Tam sulanan konularda, pan katsayısına bağlı olarak daha az sulama suyu verilen konuda ($S_{100}Kcp_1$) çiçek sayısı daha fazla bulunmuştur. Çiçeklenmenin maksimum olduğu dönemde en fazla çiçek sayısı $S_{100}Kcp_1$ ve $S_{50}Kcp_3$ sulama konularında belirlenmiştir. S_{100} konularından alınan çiçek sayısı, S_{50} konularından alınan çiçek sayısından yüksek çıkmıştır (Şekil 4.7).

Yetiştirme dönemi boyunca maksimum çiçeklenmenin olduğu günde (276. gün) çiçek sayısı, tam sulanan $S_{100}Kcp_1$, $S_{100}Kcp_2$, $S_{100}Kcp_3$ ve $S_{100}Kcp_4$ sulama konularında sırasıyla 29, 18, 20 ve 22 adet/bitki belirlenmiştir. Yarı ıslatmalı olarak sulanan $S_{50}Kcp_1$, $S_{50}Kcp_2$, $S_{50}Kcp_3$ ve $S_{50}Kcp_4$ sulama konularında ise çiçek sayısı sırasıyla 25, 20, 27 ve 22 adet/bitki gözlenmiştir.

Mwanamwenge ve ark. (1999), farklı su streslerinin fasulye bitkisi çiçek sayısına olan etkilerini araştırdığı çalışmasında su stresinin çiçek sayısına etkisi olmadığını bildirmişler ve ortalama çiçek sayısını ise 29 adet olarak belirlemişlerdir.



Şekil 4.7. Sulama konularına göre çiçek sayısı gözlemleri

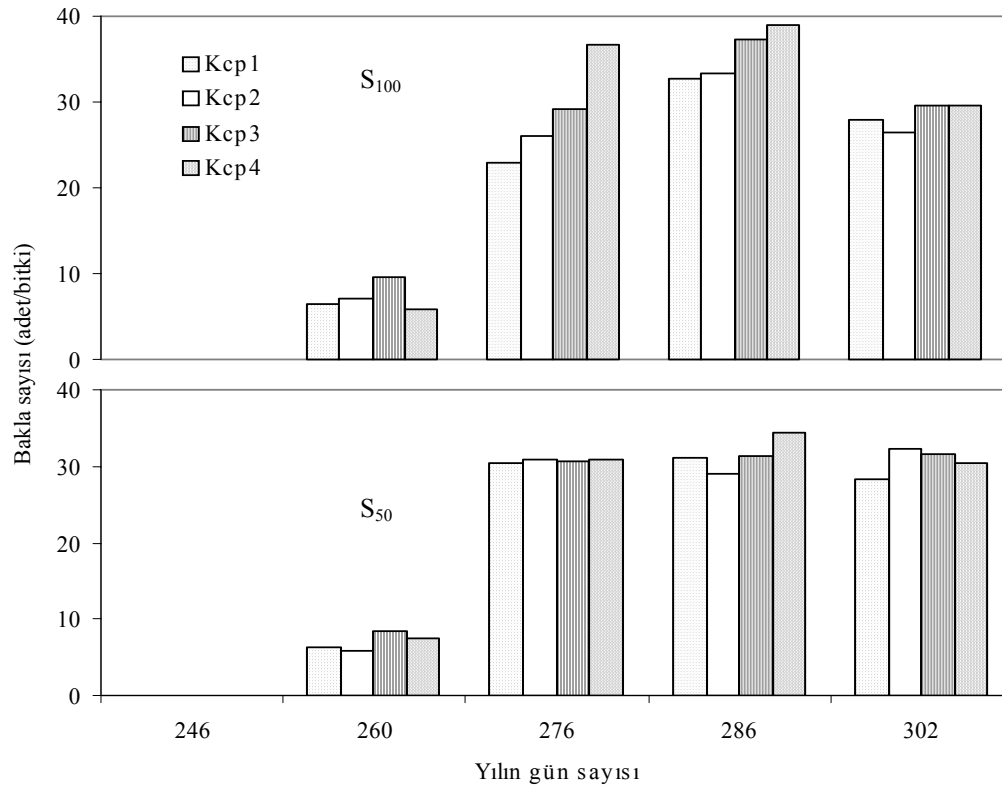
4.8.4 Bakla Sayısı

Denemede bakla sayısı ekimden hasat sonuna kadar düzenli aralıklarla sayılmıştır. Tam sulama konularında ve yarı ıslatmalı sulama konularında ilk bakla oluşumu 14 Eylül 2003 (257. gün) tarihinde görülmüştür. Anılan tarihten itibaren bakla oluşumu bitki geliştikçe gelişim göstermiştir. Yetiştirme sezonu boyunca deneme parsellerinden her 15-16 günde bir belirlenen bitkilerden elde edilen bakla sayısı Şekil 4.8’de verilmiştir.

Hem tam sulamada hem de yarı ıslatmalı sulama konularında belirlenen bakla sayıları arasında istatistiksel farklılık bulunamamıştır. Tam sulama yapılan S_{100} sulama konularında Kcp_1 ’den Kcp_4 ’e doğru gidildikçe bakla sayısında artış gözlenmiştir. Yarı ıslatmalı olarak sulanan S_{50} sulama konusunda ise bakla sayıları Kcp alt konuları arasında birbirine yakın çıkmıştır. Ancak S_{50} sulama konusunda az su uygulanan Kcp_1 alt konusunda diğer Kcp alt konularına göre daha az bakla sayısı elde edilmiştir. $S_{100}Kcp_1$, $S_{100}Kcp_2$, $S_{100}Kcp_3$ ve $S_{100}Kcp_4$ sulama konularında, dönem sonundaki bakla sayısı sırasıyla 28, 26, 30 ve 30 adet/bitki alınmıştır. $S_{50}Kcp_1$, $S_{50}Kcp_2$, $S_{50}Kcp_3$ ve $S_{50}Kcp_4$ sulama konularında ise sırasıyla 28, 32, 32 ve 30 adet/bitki alınmıştır. S_{50} konusunun bakla sayısı S_{100} konusunun bakla sayısından yüksek çıkmıştır (Şekil 4.8).

Bakla sayılarındaki artış toplam verimi de etkilemiştir. En çok sulama suyu uygulanan Kcp_4 konusunun verimi her iki sulama konusunda da Kcp_1 , Kcp_2 ve Kcp_3 konularından yüksek çıkmıştır. En az sulama suyu uygulanan Kcp_1 konusunda daha fazla çiçek olmasına rağmen verim diğer konulara oranla kısmen düşük çıkmıştır. Su kısıntısı, fasulye bitkisinde çiçeklerinin dökülmesine ve bakla bağlamamasına neden olmuştur.

Güvenç (1993), Erzurum’da yürüttüğü çalışmada bitki başına düşen bakla sayısını ortalama 15 adet; Mwanamwenge ve ark. (1999) Akdeniz koşullarında bitki başına düşen bakla sayısının su kısıntısına bağlı olarak azaldığını ve ortalama bakla sayısını stressiz koşullarda ortalama 18 adet olarak belirlemişlerdir. Anılan çalışmalarla yürütülen bu çalışma arasında çok fazla benzerlik bulunmamaktadır.



Şekil 4.8. Sulama konularından belirlenen bakla sayısı

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Suyun kıt ve pahalı olduğu kurak ve yarı kurak bölgelerde, verimi azaltmadan daha geniş tarım alanlarında üretim yapabilmek amacıyla sulama suyundan tasarruf sağlayan yeni tekniklerin geliştirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Bu bağlamda, *Yarı Islatmalı Sulama Uygulaması* olarak tanımlanan yeni bir sulama tekniği gelişme aşamasındadır. Anılan teknik, bitki kök bölgesini ikiye ayırıp, sulama uygulamalarıyla her bir yarı bölgenin ardışık olarak ıslak-kuru bırakılması esasına dayanmaktadır. Bu teknikle ilgili olarak şimdiye dek daha çok laboratuvarlarda saksı denemelerinde çalışılmıştır. Göreli kök kuruluşu tekniği şeklinde de ifade bulan yeni sulama uygulamasını test etmek için tarla denemeleriyle daha gerçekçi çalışmalar yeterince bulunmamaktadır.

Burada ele alınan çalışma ile, yarı ıslatmalı sulama uygulaması tekniğinin etkilerini görmek amacıyla tarla denemesi planlanmıştır. Yarı ıslatmalı sulama tekniği, tam sulama ile karşılaştırılmıştır.

Tam ve yarı ıslatmalı toprakaltı damla sulama sisteminin kullanıldığı bu çalışma sonucunda sulama suyu ile fasulye verimi ve bitki gelişimi saptanmış, ayrıca anılan bitkinin mevsimlik su-üretim fonksiyonu belirlenmiştir.

Tam ve yarı ıslatmalı sulama konularına Class-A Pan'dan ölçülen 3 günlük yığışımli buharlaşma miktarının 0.6, 0.8, 1.0 ve 1.2'si uygulanmıştır.

Hesaplanan sulama miktarlarına göre tam sulanan konulara 366 ile 437 mm arasında, yarı ıslatmalı sulama konularına ise 331 ile 366 mm arasında sulama suyu uygulanmıştır. Buna karşılık tam sulanan konulardan 792-1087 kg/da, yarı ıslanan konulardan ise 686-1084 kg/da verim alınmıştır. Yarı ıslatılan konular, tam sulanan konulara göre daha az sulama suyu uygulandığı halde (toplamda % 16), verimde tam sulanan konular arasında istatistiksel olarak herhangi bir fark bulunmamıştır. Bitki boyu, çiçek sayısı, bakla sayısı, taç genişliği ve bitki kuru ağırlığında ise tam sulanan ve yarı ıslatmalı olarak sulanan konular arasında istatistiksel olarak herhangi bir fark bulunmamıştır. Kısıntılı sulamanın, bitkinin vejetatif gelişmesinde bir etkisi olmadığı görülmüştür. Bu durum, su kaynaklarının yetersiz olduğu bölgelerde tekniğin kullanılması ile başarılı sonuçlar alınabileceğini ortaya koymuştur.

Mevsimlik su tüketimi K_{cp} katsayılarına göre tam sulanan konularda 396-470 mm arasında, yarı ıslatmalı konularda ise 364-409 mm arasında bulunmuştur. Araştırmada en yüksek su tüketiminin gerçekleştiği $S_{100}K_{cp4}$ (470 mm) en yüksek verim (1087 kg/da) alınmıştır. En düşük verim ise yarı ıslatmalı sulama konusu olan $S_{50}K_{cp1}$ 'den (686 kg/da) alınmıştır. Verim sonuçlarına yapılan LSD çoklu karşılaştırma testine göre S_{100} ve S_{50} konuları arasında bir farkın olmadığı, farkın sadece her iki konuda da K_{cp} katsayılarında olduğu görülmüştür. S_{100} ve S_{50} konularının alt konuları olan K_{cp1} birinci gruba, K_{cp2} ve K_{cp3} ikinci gruba ve K_{cp4} ise üçüncü gruba ayrılmıştır. Araştırmada su kısıntısına bağlı olarak verimde yüksek oranda kayıp olmamıştır. Bu değerlere göre suyun kıt olduğu bölgelerde $S_{50}K_{cp2}$, su sıkıntısı çekilmeyen bölgelerde ise $S_{50}K_{cp4}$ önerilebilir.

Deneme sonunda belirlenen su kullanım randımanları sırayla, toplam su kullanım randımanı (WUE) en yüksek 2.75 kg/da/mm olarak $S_{50}K_{cp4}$ konusunda ve en düşük ise

1.89 kg/da/mm olarak $S_{50}Kcp_1$ konularında bulunmuştur. Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE), en yüksek $S_{50}Kcp_4$ konusunda 2.96 kg/da/mm olarak ve en düşük ise 2.07 kg/da/mm olarak $S_{50}Kcp_1$ konusunda bulunmuştur.

Verim etmeni ky ; S_{100} konusu için 1.55 olarak, S_{50} konusu için ise 3.54 olarak bulunmuştur. Elde edilen verim etmeninde anlaşıldığı gibi, su tüketiminde oluşan oransal eksilişler, verimde düşmelere neden olmaktadır.

Yukarıda belirtilen sonuçlar doğrultusunda şu öneriler yapılabilir:

Kahramanmaraş Yöresi'nde 3 günde bir toprakaltı damla sulama ile sulanan fasulyede yapılan tam sulama ile yarı ıslatmalı sulama yöntemi verimi çok fazla etkilememektedir. Aynı zamanda yarı ıslatmalı olarak sulanan bitkilerle, tam sulanan bitkiler arasında bitki yeşil aksamında da herhangi bir düşme görülmemektedir. Hatta fasulye denemesinde yarı ıslatmalı sulama tekniği, geleneksel tam sulamaya oranla daha fazla verim karlılığı ve su kullanım randımanı sağlamıştır. Yarı ıslatmalı damla sulama sistemi kullanılarak mevcut sudan yaklaşık % 40 (genel uygulanan sulama suyundan % 16) oranında kısıntı yaparak, bitki strese girmeden aynı miktarda verim ve bitki gelişimi elde edilmektedir.

Çok kısıtlı sayıda tarla denemesinde henüz yeni test edilmeye başlanmış olan bu sulama uygulamasının farklı özelliklerinin irdelendiği çok sayıda denemenin yapılması yararlı olacaktır. Elde edilecek bulgular, *yarı ıslatmalı sulama* tekniğinin diğer tarımsal ürünlerde uygulanması bakımından da önem arz etmektedir. Sonuç olarak özellikle suyun kıt ve pahalı olduğu bölgelerde *yarı ıslatmalı sulama* tekniğinin yüksek verim karlılığı ve su kullanım randımanı sağlayacağı önerilebilir.

KAYNAKLAR

- ACOSTA-GALLEGOS, J.A., ADAMS M.W., 1991. Plant Traits and Yild Stability of Dry Bean (*Phaseolus vulgaris*) Cultivars Under Drought Stress. Journal of Agricultural Science, 117: 213-219.
- ALVINO, A., TEDESCHI, P., ZERBI, G., 1988. Growth, Flowering, Setting and Yield of Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) as Influenced by Water Regime, P Fertilization and Bnoa Treatment. Acta Horticulturae, 228: 219-226.
- AMEDE,T., KITTLITZ, E.V., SCGUBERT, S. 1999. Diffrential Drought Responses of Faba Bean (*Vicia faba* L.) Inbred Lines. J. Agronomy&Crop Science, 183: 35-45.
- ANONİM, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. Agriculture Handbook, No: 60, USA, 160p.
- _____ 1967. Irrigation Water Requirements. Technical Release No: 21, 83s.
- _____ 1973. Toprak Su Genel Müdürlüğü, Ceyhan Havzası, Havza No: 20, Yayın No: 285.
- _____ 1998. Crop Evapotranspiration Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56, 301s.
- _____ 2000. Tarımsal Yapı ve Üretim. T.C. Başbakanlık Devlet İstatistik Enstitüsü Yayınları, Ankara.
- _____ 2001. Subsurface Drip Irrigation for Your Lawn. Subsurface Drip Irrigation/Handouts. The Urban Farmer Store Inc.
- _____ 2003. Kahramanmaraş Meteoroloji İstasyon Müdürlüğü, Kahramanmaraş.
- AYARS, J.E., SCHONEMAN, R.A., DALE, F., MESO, B., SHOUSE, P., 2001. Managing Subsurface Drip Irrigation in the Presence of Shallow Ground Water. Agricultural Water Management, 47: 243-264.
- AYARS, J.E., PHENE, C.J., HUTMACHER, R.B., DAVIS, K.R., SCHONEMAN, R.A., VAIL, S.S., MEAD, R.M., 1999. Subsurface Drip Irrigation of Row Crops: a Review of 15 Years of Research at the Water Management Research Laboratory. Agricultural Water Management, 42: 1-27.
- BAHÇECİ, İ., TARI, A.F., 1992. Konya Koşullarında Kış Yağışlarının Toprakta Birikmesinin Tarla Parsellerinde Belirlenmesi. Köy Hizmetleri Konya Araştırma Enstitüsü Yayınları, Seri No. 128, 44s.
- BAHÇECİ, İ., 1995. Tarla Fasulyesinde Tuz-Su ve Verim İlişkilerinin İrdelenmesi. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Doktora Tezi, 107s.

- BARROS, L.C.G., HANKS, R.J., 1993. Evapotranspiration and Yield of Beans as Affected by Mulch and Irrigation. *Agronomy Journal*, 85: 692-697.
- BENAMI, A., DISKIN, M.H., 1965. Design of Sprinkler Irrigation, Lowdermilk Faculty of Agricultural Engineering. Technicon, Inst. of Technology, Haifa, Israel, 23 s.
- BEYCE, Ö., MADANOĞLU, K., AYLA, Ç., 1972. Türkiye’de Yetiştirilen Bazı Sulanır Mahsullerin Su İstihlâkleri. Merkez Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 15, Teknik Yayın No: 12, S: 71-74.
- BHARAT, P.S., 1989. Irrigation Water Management for Bush Snap Bean Production. *Hortscience*, 24(1):69-70.
- BONANNO, A.R., MACK, H.J., 1983. Water Relations and Growth of Snap Beans as Influenced by Differential Irrigation. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.*, 108(5): 837-844.
- BOROŠIĆ, J., ROMIC, D., DOLANJSKI, D., 2000. Growth and Yield Components of Dwarf French Bean Grown Under Irrigation Conditions. *Acta Hort.*, 533: 451-459.
- BOUTRAA, T., SANDERS, F.E., 2001. Influence of Water Stress on Grain Yield and Vegetative Growth of Two Cultivars of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *J. Agronomy&Crop Science*, 187: 251-257.
- BOUYOUCOS, G.S., 1951. Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. *Agronomy Journal*, 43: 434-448.
- BRYLA, D.R., BAÑUELOS, G.S., MITCHELL, J.P., 2003. Water Requirements of Subsurface Drip-Irrigated Faba Bean in California. *Irrigation Science*, 22: 31-37.
- BURMAN, R., POCHOP, L.O., 1994. Evaporation, Evapotranspiration and Climatic Data. *Journal of Hydrology*, 190: 167-168.
- CASPARI, H.W., NEAL, S., 2004. Partial Rootzone Drying- A New Deficit Irrigation Strategy for Apple?. *Acta Hort.*, 646, ISHS, 93-100.
- CEVİZCİ, Ö., 1995. Van Ekoloji Şartlarında Bodur Fasulyede (*Phaseolus vulgaris* L.) Bitki Su Tüketimi Optimum Sulama Aralığı ve Sulama Miktarının Belirlenmesi. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 28s.
- CHAFFEY, N., 2001. Restricting Water Supply Enhances Crop Growth. *Trends in Plant Sci.*, 6(8): 346.
- CRABTREE, R.J., YASSIN, A.A., KARGOUGOU, I., McNEW, R.W., 1985. Effects of Alternate-Furrow Irrigation: Water Conservation on the Yields of Two Soybean Cultivars. *Agricultural Water Management*, 10: 253-264.
- DAVIES, W.J., BACON, M.A., THOMPSON, D.S., SOBEIH, W., and GONZÁLEZ RODRÍGUEZ, L., 2000. Regulation of Leaf and Fruit Growth in Plants Growing in Drying Soil: Exploitation of the Plants’ Chemical Signalling Sytem and Hydraulic

- Architecture to Increase the Efficiency of Water Use in Agriculture. J. of Exp. Bot., 51(350): 1617-1626.
- DE COSTA, W.A.J.M., DENNETT, M.D., RATNAWEERA, U., NYALEMEGBE, K. 1997a. Effects of Different Water Regimes on Field-Grown Determinate and Indeterminate Faba Bean (*Vicia faba* L.). I. Canopy Growth and Biomass Production. Field Crops Research, 49: 83-93.
- _____. 1997b. Effects of Different Water Regimes on Field-Grown Determinate and Indeterminate Faba Bean (*Vicia faba* L.). II. Yield, Yield Components and Harvest Index. Field Crops Research, 52: 169-178.
- DERVİŞ, Ö., 1990. Çukurova’da Kısıntılı Sulamanın İkinci Ürün Soya Verimine Etkisi. Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Ens. Müd. Yayınları, Genel Yayın No: 170, Seri No: 105, 52 s.
- DOORENBOS, J., KASSAM, A.K., 1979. Yield Response to Water. Irrigation Drainage Paper, Rome, 193s.
- EVREN, S., SEVİM, Z., 1998. Erzurum Ovası Koşullarında Taze Fasulyenin Su Tüketimi. Köy Hizmetleri Erzurum Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 106, Seri No: 74.
- GRASHOFF, C., 1990. Effect of Pattern of Water Supply on *Vicia faba* L. 2. Pod Retention and Filling, and Dry Matter Partitioning, Production and Water Use. Netherlands Journal of Agricultural Science, 38: 131-143.
- GRATEROL, Y.E., EISENHAUER, D.E., ELMORE, R.W., 1993. Alternate-Furrow Irrigation for Soybean Production. Agricultural Water Management, 24: 133-145.
- GÜNAY, A., 1981. Serler: Özel Sebze Yetiştiriciliği, Cilt: II, Çağ Matbaası, Ankara, 323s.
- GÜNBATILI, F., 1993. Tokat-Kazova’da Kısıntılı Su Uygulamasında Bodur Fasulyenin Su Tüketimi. Köy Hizmetleri Tokat Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 123, Seri No: 75.
- GÜNGÖR, H., 1982. Eskişehir Koşullarında Yer Fasulyesinin Su Tüketimi. 1982. Köy Hizmetleri Eskişehir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 163, Seri No: 163.
- GÜNGÖR, H., ÖĞRETİR, K., 1979. Yer Fasulyesinin Su Tüketiminin Saptanması. Eskişehir Bölge Topraksu Araştırma Enstitüsü Müd. Yayınları, Genel Yayın No: 153, Seri No: 112, 79-84.
- GÜNGÖR, Y., YILDIRIM, O., 1989. Tarla Sulama Sistemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını, Genel Yayın No: 1155, Ders Kitapları Yayın No: 325, 371s.
- 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 Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Doktora Tezi, 130s.
- HEDGE, D.M, SRINIVAS, K., 1989. Physiological Analysis of Growth and Yield of French Bean in Relation to Irrigation and N Fertilization. Prog. Hort., 21: 100-105.
- HERRERA, J., MARTINEZ, E., GIRALT, E., 1988. Response of Beans to Irrigation on Sandy Loam Soils with Gleyed Horizons. Inst. De Investigaciones de Riego y Drenaje, Ciencia-y- Tecnica en la Agricultura, -Riego-y-Drenaje, 11: 7-19.
- HOWELL, T.A., YAZAR, A., SCHNEIDER, A.D., DUSEK, D.A., COPELAND, K.S., 1994. Yield and water Use Efficiency of Corn in Response to LEPA Irrigation ASAE, Paper No: 94-2098.
- HUSAIN M.M., HILL, G.D., GALLAGHER, J.N., 1988. The Response Field Beans (*Vicia faba* L.) to Irrigation and Sowing Date. 1. Yield and Yield Components. J. Agric. Sci. Camb., 111: 221-232.
- KANBER, R., 1984. Çukurova Koşullarında Açık Su Yüzeyi Buharlaşmasından (Class A Pan) Yararlanarak Birinci ve İkinci Ürün Yerfıstığının Sulanması. Tarsus Bölge Topraksu Araş. Enst. Müd. Yayınları, Genel Yayın No: 113, Seri No: 63.
- KANG, S., LIANG, Z., HU, W., ZHANG, J., 1998. Water Use Efficiency of Controlled Alternate Irrigation on Root-Divided Maize Plants. Agricultural Water Management, 38: 69-76.
- KANG, S., LIANG, Z., PAN, Y., SHI, P., and ZHANG, J., 2000. Alternate Furrow Irrigation for Maize Production in an Arid Area. Agricultural Water Management, 45: 267-274.
- KANG, S., HU, X., GOODWIN, I., and JERIE, P., 2002. Soil Water Distribution, Water Use, and Yield Response to Partial Root Zone Drying under a Shallow Groundwater Table Condition in a Pear Orchard. Sci. Hort., 92: 277-291.
- LIN-HE, W., SUGIMOTO, K., TAKEUCHI, Y., TOYAMA, M., 1987. On the Effect of Different Irrigation Method and Irrigation Amount on the Growth and Yield of Kidney Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Bulletin of the Faculty of Agriculture, Tottori University, 40: 187-197.
- MEDEIROS, G.A., ARRUDA, F.B., SAKAI, E., FUJIWARA, M., 2001. The Influence of Crop Canopy on Evapotranspiration and Crop Coefficient of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Agricultural Water Management, 49: 211-224.
- MEDEIROS, G.A., ARRUDA, F.B., SAKAI, E., FUJIWARA, M., BONI, N.R., 2000. Vegetative Growth and Bean Crop Coefficient as Related to Accumulated Growing-Degree-Days. Resq. Agropec. Bras., 35: 1733-1742.
- MILLAR, A.A., GARDNER, W.R., 1972. Effects of the Soil and Plant Water Potentials on the Dry Matter Production of Snap Beans. Agronomy Journal, 64: 559-562.

- MOUHOUCHE, B., RUGET, F., DELÉCOLLE, R., 1998. Effects of Water Stress Applied at Different Phenological Phases on Yield Components of Dwarf Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agronomie*, 18: 197-205.
- MUIRHEAD, W.A., 1978. Snap Beans. *Farmers Newsletters*, 144: 25.
- MUNNS, R., and CRAMER, G.R., 1996. Is Coordination of Leaf and Root Growth Mediated by Abscissic Acid? *Opinion. Plant and Soil*, 185: 33-49.
- MWANAMWENGE, J., LOSS, S.P., SIDDIQUE, K.H.M, COCKS, P.S., 1999. Effects of Water Stress During Floral Initiation, Flowering and Podding on the Growth and Yield of Faba Bean (*Vicia faba* L.). *European Journal of Agronomy*, 11: 1-11.
- OYLUKAN, Ş., 1967. Yer Fasulyesinin Lizimetre Metodu ile Su İhtiyacının Tesbiti. *Köy Hizmetleri Eskişehir Araştırma Enstitüsü Yayınları*, Yayın No: 55.
- OWEIS, T., HACKUM, A., PALA, M., 2004. Faba Bean Productivity Under Rainfed and Supplemental Irrigation in Northern Syria. *Agricultural Water Management*, 73: 57-72.
- PETERSEN, R.G., CALVIN, L.D., 1965. *Sampling Methods of Soil Analysis* (C.A. Black et al. edit.), Part I, *Agronomy Series No:9*, Am. Soc. of Agri. Inc. Pub., Madison Wisconsin, 54-72.
- PHENE, C.J., HOWELL, T.A., 1984. Soil Sensor Control of High Frequency Irrigation. *Trans. ASAE*, 27: 392-396.
- PILBEAM, C.J., AKATSE, J.K., HEBBLETHWAITE, P.D., WRIGHT, S.D., 1992. Yield Production in Two Contrasting Forms of Spring-sown Faba Bean in Relation to Water Supply. *Field Crops Research*, 29: 273-287.
- RAJIC, M., SKORIC, M., STOJILJKOVIC, D., 1997. Calculation of Irrigation Water Requirements for Sweet Pepper and Beans. *Acta Hort.*, 49(1): 193-198.
- SAU, F., MINGUEZ, M.I., 2000. Adaptation of Indeterminate Faba Beans to Weather and Management Under a Mediterranean Climate. *Field Crops Research*, 66: 81-99.
- SCHOLBERG, J., MCNEAL, B.L., JONES, W., BOOTE, K.J., STANLEY, C.D., OBREZA, T.A., 2000. Growth and Canopy Characteristics of Field Grown Tomato. *Published in Agro. J.*, 92: 152-159.
- SEZEN, S.M., YAZAR, A., CANBOLAT, M., EKER, S., ÇELİKEL, G., 2004. Effect of Drip Irrigation Management on Yield and Quality of Field Grown Green Beans. *Agricultural Water Management*, 71: 243-255.
- SILIM, S.N., SAXENA, M.C., 1993. Yield and Water Use Efficiency of Faba Bean Sown at Two Row Spacings and Seed Densities. *Expl. Agric.*, 29: 173-181.
- SINGH, B.P., 1987. Effects of Irrigation on the Growth and Yield of Okra. *HortScience*, 22: 879-880.

- SINGH, R.S., RAO, A.S., JOSHI, N.L., RAMAKRISHNA, Y.S., 2000. Evapotranspiration Rates and Water Utilization of Moth Bean Under Two Soil Moisture Conditions. *Annals of Arid Zone*, 39: 21-28.
- SMESRUD, J., MANSOUR, B., HESS, M., SELKER, J., 1997. Oregon State University Western Oregon Green Bean Irrigation Guide. Department of Bio-Resource Engineering, 116 Gilmore Hall, Corvallis, pp: 737-6304 (OR 97331-3906).
- STOLL, M., LOVEYS, B., and DRY, P., 2000. Hormonal Changes Induced by Partial Rootzone Drying of Irrigated Grapevine. *J. of Exp. Bot.*, 51(350):1627-1634.
- SUAREZ-REY, E., CHOI, C.Y., WALLER, P.M., KOPEC, D.M., 2000. Comparison of Subsurface Drip Irrigation and Sprinkler Irrigation for Bermuda Grass Turf in Arizona. *Trans. of the ASAE*, 43(3): 631-640.
- TANNER, O.B., SINCLAIR, T.R., 1983. Efficient Water Use in Crop Production: Research Limitation to Efficient Water Use Crop Production. Ed. by H.M. Taylor ve et. al.. ASA, CSSA, SSSA Pub., Madison, Wisconsin, 1-25s.
- TARANTINO, E., RUBINO, P., 1989. Water Consumption of Broccoli, Spinach, Snap Beans and Gherkin in Cropping Sequence. *Centro di Studio Sull Orticoltura Industriale*, 36(3): 228-234.
- TARDIEU, F., and DAVIES, W.J., 1992. Stomatal Response to Abscissic Acid Is a Function of Current Plant Water Status. *Plant Phy.*, 92: 540-545.
- ÜSTÜN, H., ARAN, A., YILDIRIM, O., 1997. Ankara Koşullarında Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Taze Fasulyenin Sulama Suyu İhtiyacı. *Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları*, Genel Yayın No: 207, Seri No: 113.
- WAKRIM, R., WAHBI, S., TAHI, H., AGANCHICH, B., SERRAJ, R., 2004. Comparative Effects of Partial Root Drying (PRD) and Regulated Deficit Irrigation (RDI) on Water Relations and Water Use Efficiency in Common Bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106: 275-287.
- WILKINSON, S., and DAVIES, W.J., 1997. Xylem Sap pH Increase: a Drought Signal Received at the Apoplastic Face of the Guard Cell that Involves the Suppression of Saturable Abscissic Acid Uptake by the Epidermal Symplast. *Plant Phy.*, 113: 559-573.
- YILDIRIM, S., MADANOĞLU, K., 1985. A Sınıfı Buharlaştırma Kaplarının Bitki Su Tüketiminin Tahmininde Kullanılması. *Köy Hizmetleri Araştırma Ana Projesi 433, 5.1.3 Numaralı Ek Talimat*, Ankara.

- YILDIRIM, A.N., 1994. Sulama Yöntemi ve Sulama Suyu Miktarının Taze Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Verimine Etkisi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi, 60s.
- ZEGBE-DOMÍNGUEZ, J.A., BEHBOUNDIAN, M.H., LANG, A., CLOTHIER, B.E., 2003. Deficit Irrigation and Partial Rootzone Drying Maintain Fruit Dry Mass and Enhance Fruit Quality in ‘Petopride’ Processing Tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill.) Scientia Horticulturae, 98: 505-510.

ÖZGEÇMİŞ

1974 yılında Adana’da doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Adana’da tamamladıktan sonra 1994 yılında Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü’nü kazanarak lisans öğrenimine başladı. 1998 yılında aynı bölümde lisans öğrenimini tamamlayarak mezun oldu. 2001 yılında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında girmiş olduğu sınavları kazanarak Yüksek Lisansına başladı. 29.12.2001 tarihinde Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalına Araştırma Görevlisi olarak atandı. 29.11.2004 tarihinde aynı üniversitenin Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi’ne Memur olarak atandı. Halen orada görev yapmaktadır.