

Harran Ovası Koşullarında Farklı Sulama ve Sıra Aralıklarında Yağmurlama-Damla Sulama Yöntemleriyle Sulanan Soya Fasulyesinin Su Verim İlişkisinin Saptanması

Mehmet ŞİMŞEK¹

Erkan BOYDAK²

Sinan GERÇEK¹

Halil KIRNAK¹

Geliş Tarihi: 01.03.2001

Özet: Bu çalışma; Yağmurlama ve damla sulama yöntemlerinin, soya fasulyesinde dört farklı sulama aralığında (3, 6, 9 ve 12 gün) ve dört farklı sıra aralığı (50x30, 70x30, 80x40 ve 70 cm) mesafesinde verim su ilişkisini belirlemek amacıyla yapılmıştır. Araştırma 1998-1999 yılları arasında HR. Ü. Ziraat Fakültesi deneme alanlarında yürütülmüştür.

Araştırma sonunda; yağmurlama sulama yönteminde, birinci yıl 575 mm-1295 mm arasında ikinci yıl 601mm-1369 mm arasında sulama suyu uygulanmış, benzer sulama suyu miktarı damla sulama için kullanılmıştır. Toplam su kullanım randımanı (TWUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) sık sulama aralığında (3 günde bir sulamada) düşük, uzun sulama aralığında (12 günde bir sulamada) yüksek saptanmıştır. En düşük TWUE değeri 1,98 ve en düşük IWUE değeri 2,10 kg/ha/mm (yağmurlama sulamada 3 günde bir sulamada), en yüksek TWUE değeri 5,30 ve en yüksek IWUE değeri 6,44 kg/ha/mm (yağmurlama sulamada 12 günde bir sulamada) hesaplanmıştır. Yağmurlama ve damla sulama uygulamalarının istatistikî anlamda önemsiz olduğu belirlenmiştir. Dört farklı sulama aralığı ve dört farklı sıra aralığı LSD testi sonucuna göre uygulamalar arası farklılıklara göre çok önemli ($P<0,001$) olduğu ve farklı grubu oluşturduğu saptanmıştır. Sulama aralıklarına göre 3 günde bir sulama en yüksek ve 12 günde bir sulama en düşük saptanmıştır. Verimin iki yıl ortalaması; 379,7 kg/da – 269,2 kg/da arasında değişmiştir. Sıra aralıklarına göre verimin iki yıl ortalaması 373,6 kg/da (50x30 cm sıra aralığı) – 279,6 kg/da (70 cm sıra aralığı) arasında değiştiği belirlenmiştir. Oransal evapotranspirasyon açığı ile oransal verim düşüşleri arasında verim tepki etmeni ky 0,52 olarak hesaplanmıştır. Su tüketimindeki % 10' luk bir azalma verimde % 5,2 düşüğe neden olmuştur.

Harran Ovası Koşullarında soya fasulyesinde yağmurlama sulama ile 3 günde bir sulama aralığı ve 50x30 cm sıra aralığı uygun olduğu anlaşılmaktadır. Kuraklık riskinin olduğu yıllarda, yağmurlama sulama ile 6 günde bir sulama ve 50x30 cm sıra aralığı verimde 28,2 kg/da düşüğe neden olmakta ve sulama suyundan %10-15 su tasarrufu sağlaması nedeniyle alternatif bir öneri olarak sunulmaktadır.

Anahtar Kelimeler: Yağmurlama, damla sulama, sulama aralığı, sıra arası, soya fasulyesi

Determination of Water Use –Yield Relationship on Soybean Irrigated by Sprinkler and Drip Irrigation at Different Irrigation Intervals and Row Spacing in Harran Plain Conditions

Abstract: This study was conducted to determine water use-yield relations on soybean irrigated by sprinkler and drip irrigation at four intervals (3, 6, 9 and 12 days) and four row spacing (50x30, 70x30, 80x40 and 70 cm). Research was done at the agricultural research station of Harran University in the years of 1998-1999.

In the first year, although 575-1295 mm irrigation water was applied by sprinkler system, 601-1369 mm water was given in the second year. Similar irrigation water were also used for drip irrigation system. Total water use efficiency (TWUE) and irrigation water use (IWUE) were low for frequent irrigation intervals (3 day irrigation interval) and high for longer irrigation intervals (12 day irrigation interval). The lowest TWUE and IWUE values were calculated as 1,98 and 2,10 kg/ha/mm at the 3 day irrigation intervals by sprinkler irrigation system respectively whereas the highest TWUE and IWUE values were as 5,30 and 6,44 kg/ha/mm respectively, at 12 day irrigation intervals by sprinkler system. There was no statistical significance between irrigation methods. Four different irrigation intervals and row spacing were significant based on LSD test at ($p<0,001$) level and formed different group. Average yield based on irrigation intervals for two years was 379,7 kg/da for 3 day irrigation interval and 269,2 kg/da for 12 day irrigation interval whereas average yield according to row spacing was ranged between 373,6 kg/da for 50x30 row spacing and 279,6 kg/da for 70 cm row spacing. Yield response factor (ky) between relative evapotranspiration deficit and relative yield loss was calculated as 0,52. A 10% of decrease in ET resulted in a reduction of 5,2 % in yield.

The best combination of irrigation intervals and plant row spacing for soybean at the Harran Plain conditions were 3 day irrigation interval and 50x30 cm row spacing respectively. An alternative irrigation program recommended as 6 day irrigation intervals and 50x30 row spacing in order to save 10-15 % irrigation water. However, this alternative program would reduce yield to 28,2 kg/da.

Key Words: Sprinkler, drip irrigation, irrigation interval, row spacing, soybean

¹Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü-Şanlıurfa

²Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü-Şanlıurfa

Giriş

Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP), bölgenin toprak ve su kaynaklarının rasyonel kullanılmasına ve geliştirilmesine dönük projeler demettir. Projenin su kaynakları (Dicle ve Fırat havzaları), ülke su kaynaklarımızın % 28.45' ini oluşturmaktadır (Anonymous, 1995). Proje ile tarım alanlarında, gelişmiş tarım teknikleri ve sulama yöntemlerinin yoğun kullanımı hedeflenmiştir. Harran Ovası sulaması, GAP kapsamında 140.000 hektar tarım alanlarının sulanmasını amaçlayan alt fakat önemli projedir. Yapılan planlamaya ve gerçekleşen projeye göre Harran Ovasında; beş yıllık gözlemlere bakıldığında, geleneksel bitki dokusu (tahıl ve pamuk) ve geleneksel sulama yöntemleri (karık ve tava) yoğun bir şekilde uygulanmaktadır. Alternatif bitkilerin (soya fasulyesi, mısır, yem bitkileri, değişik sebze türleri) ekim alanlarında çok düşük artış gözlenmektedir.

Bitkiler yaşamları için suya mutlak gereksinim duyarlar. Bunun için, bitkiler yeterli ve kullanılabilir suyu topraktan almaları zorunludur. Ancak; efektif sayılan kullanılabilir su, toprakta yeterince olmadığı koşullarda bitkinin su gereksinimi için, sulama suyunun toprağa verilmesi zorunludur. Bu nedenle; bitkilerin su gereksinimleri, akarsu havzaları üzerinde yer alan su yapıları ve sulama sistemleri ile karşılanmaktadır.

Bitkilerin su gereksinimlerine; büyüme mevsimi uzunluğu, iklim (sıcaklık, yağış, nem, buharlaşma ve rüzgar hızı), toprağın mevcut nem içeriği, topografya ve toprak bünyesi gibi bir çok faktör etki etmektedir.

Kanber (1984), Goldberg ve ark. (1967)'nin bildirdiğine göre; açık su yüzeyinden yararlanarak sulama suyu miktarının belirlenmesinde kullanılan ET/ET_0 (bitki su tüketimi/açık su yüzeyi buharlaşması) oranı; bitkilerin çeşidine, toprağın bünyesine, toprağın nem miktarına, buharlaşma kabının tipine bağlıdır. Fuchs ve Stanhill, (1963), deneysel su tüketimleri ile açık su yüzeyi buharlaşması arasında yüksek korelasyon olduğunu ifade etmişler, ET/ET_0 oranının pamuğun yetiştirme mevsimi boyunca sabit (0,69) olduğunu saptamışlardır.

Çukurova koşullarında II. ürün soya fasulyesinde su-verim ilişkilerinin belirlenmesine yönelik çalışmada, dane verimi ile mevsimlik su tüketimi arasında istatistiksel anlamda, önemli doğrusal bir ilişki olduğunu saptamışlardır. (Yazar ve ark. 1989). Harran Ovası koşullarında II. Ürün soya fasulyesi sulamasında farklı sulama aralıklarında ve farklı Pan katsayılarında, göllendirmeli karık sulama yönteminde yaptıkları bir çalışmada; sulama suyu miktarını birinci yıl 478,2-1055,8 mm arasında, ikinci yıl 453,0-805,0 mm arasında saptamışlar ve en yüksek dane verimi (birinci yıl 285 kg/da ikinci yıl 242,7 kg/da) her iki yılda 7 günde bir sulanan ve Pan katsayısının 1,2 kullanıldığı konuda belirlemişlerdir (Yazar ve ark. 1991).

Bir başka çalışmada; soya fasulyesinin farklı dönemlerinde yaratılan su stresinin % 20' den % 40' a çıkartıldığında, kuru madde miktarının % 25-34 arasında azaldığı ve verimde %18-30,3 arasında düşüş görüldüğünü saptamıştır (Vearela 1998).

ABD' de soya fasulyesinde yürütülen bir denemede Sulama Suyu Kullanım Randımanı (IWUE) değerini 1,3-5,6

kg/ha/mm arasında belirlemişlerdir (Larry ve Spurlock 1993). Bir başka çalışmada; yağmurlama, damla ve kısıntılı karık sulamada soya fasulyesinin verim karşılaştırması araştırılmış ve en yüksek verim yağmurlama sulamada 4,01 t/ha olarak belirlenmiştir (Paltineanu ve ark. 1994).

Pamuk bitkisinde yöntem karşılaştırması amacı ile yürütülen bir çalışmada, Toplam Su Kullanım Randımanı (TWUE) değeri 1,6-11,6 kg/ha/mm arasında ve Sulama Suyu Kullanım Randımanı (IWUE) 1,9-20,7 kg/ha/mm arasında ölçmüştür (Kanber ve ark. 1996). Brezilyada; 5 ayrı sulama aralığında (0,5-1-2-3-4 günde bir) damla sulama ile kavunda yapılan denemede; sulama aralığının toplam ve pazarlanabilir ürün verimini etkilediği, en yüksek toplam verim 0,5 ve 1 günde sulanan üründen 77,99 ve 170,73 t/ha, pazarlanabilir ürün olarak 63,88 ve 67,20 t/ha saptamışlardır. En düşük verim 3 ve 4 günde bir sulanan konudan alınmıştır. IWUE' yi; en yüksek 24,40 kg/m³ ile 0,5 günde sulanan konudan, en düşük 14,14 kg/m³ ile dört günde bir sulanan konudan elde etmiştir (Sousa ve ark. 1999). Endonezya'da yürütülen başka bir çalışmada mısır ve soya fasulyesinde en yüksek verimi sulama aralığı 10-15 gün olan konulardan almıştır (Partowiyoto ve ark. 1998). Soya fasulyesinde 25,40,50,75 ve 100 cm sıra aralığında mesafelerin verime etkisi araştırılmış, en yüksek verim 50 cm ve altındaki 40 ve 25 cm sıra aralıklarında saptamıştır. 50 cm sıra aralığında 2,836 ton/ha verim belirlemiştir (Glenn ve ark. 1992). Soya fasulyesinde geleneksel ve alternatif kark sulama yöntemlerinde 56 ve 76 cm sıra aralıklarının verime etkisi araştırılmış, 56 cm sıra aralığına ekilen ve alternatif karıkla sulanan uygulamadaki verim, 76 cm sıra aralığına göre %22 daha fazladır (Greterol ve ark. 1996).

Materyal ve Yöntem

Araştırma 1998 ve 1999 yıllarında Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Deneme Alanında yürütülmüştür. Deneme alanı toprakları ikizce serisinde yer almaktadır. Topografyası düz ve düze yakındır. Tüm profil kil tekstürlü ve profil boyunca çok kireçlidir. Toprakların pH' sı 7,3-7,4 arasında değişmektedir. Yüzeyde organik madde %1,1 derinlerde % 0,8' e düşmektedir (Dinç ve ark. 1988).

Deneme alanlarının denizden yüksekliği ortalama 464-467 m ve 37°08'N - 38°46'E enlem ve boylamlarında yer almaktadır. Deneme topraklarının kimi fiziksel özellikleri; tarta kapasitesi %32,71-%33,84, solma noktası %21,18-22,55 arasında ve kullanılabilir su 141,24 mm/90cm olarak saptanmıştır. Sulama suyunun kimi kimyasal özelliklerinden C₂S₁ sınıfında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 1).

Araştırmanın yürütüldüğü deneme yıllarına ve alana (Şanlıurfa iline) ilişkin kimi iklim elementleri ve uzun yıllar aylık ortalamaları Çizelge 2' de verilmiştir. Çizelgenin incelenmesinden görüleceği gibi uzun yıllık (59 yıl) ortalamadan; maksimum hava sıcaklığı 33,3 °C temmuz ayında, maksimum yağış 93,1 mm ile ocak ayında ve en yüksek nem % 71 olarak ocak ayında gerçekleşmiştir.

Çizelge 1. Sulama suyunun kimi kimyasal özellikleri

| Kaynak | EC (dS/m) | Katyonlar (me/L) | | | | Anyonlar (me/L) | | | | | pH | Sınıf |
|------------|--------------|------------------|----------------|------------------------------------|--------|-------------------------------|-------------------------------|-----------------|-------------------------------|--------|-----|-------------------------------|
| | | Na ⁺ | K ⁺ | Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺ | Toplam | CO ₃ ²⁻ | HCO ₃ ⁻ | Cl ⁻ | SO ₄ ²⁻ | Toplam | | |
| Derin Kuyu | 0,309 | 0,25 | 0,02 | 1,98 | 2,25 | - | 0,90 | 0,60 | 0,75 | 2,25 | 7,0 | C ₂ S ₁ |

Çizelge 2. Araştırma yıllarına ve uzun yıllara ilişkin şanlıurfa ili kimi iklim verileri

| İklim öğeleri | Yıl | A Y L A R | | | | | | | | | | | | Yıl.Or. |
|--------------------|------|-----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|-------|---------|
| | | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | |
| Sıcaklık (°C) | 1998 | 5,0 | 6,8 | 10,1 | 17,0 | 21,9 | 29,4 | 33,0 | 33,4 | 27,0 | 21,5 | 16,7 | 9,6 | 19,3 |
| | 1999 | 8,4 | 8,2 | 11,5 | 16,6 | 24,8 | 28,8 | 32,5 | 31,2 | 26,2 | 21,0 | 13,5 | 10,0 | 19,4 |
| | U.Y. | 5,1 | 6,7 | 10,3 | 15,8 | 21,8 | 27,7 | 33,3 | 31,1 | 26,7 | 19,9 | 12,8 | 7,3 | 18,2 |
| Yağış (mm) | 1998 | 109,6 | 45,3 | 78,0 | 49,2 | 51,1 | 0,6 | - | - | 0,1 | 22,7 | 68,6 | 425,2 | |
| | 1999 | 39,9 | 86,3 | 43,3 | 58,1 | 0,5 | 1,6 | - | 26,0 | - | 8,4 | 0,8 | 36,7 | 301,6 |
| | U.Y. | 93,1 | 70,3 | 66,2 | 52 | 26 | 2,6 | 0,6 | 0,6 | 1,0 | 25,0 | 43,3 | 82,4 | 463,1 |
| Oransal nem (%) | 1998 | 73,4 | 52,0 | 65,0 | 60,9 | 54,6 | 46,2 | 43,8 | 41,4 | 53,3 | 49,5 | 66,4 | 71,9 | 58,5 |
| | 1999 | 71,9 | 71,3 | 64,0 | 63,3 | 44,2 | 43,6 | 39,7 | 44,7 | 46,8 | 51,2 | 50,9 | 66,0 | 54,8 |
| | U.Y. | 71 | 68 | 61 | 55 | 44 | 31 | 28 | 30 | 33 | 43 | 58 | 69 | 49 |

U.Y: Uzun Yıllar(1940-1999)

Harran Ovası, arid iklim kuşağında bulunmaktadır. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve az yağışlı geçmektedir. Ovanın sulamaya açılmasından sonra aletsel kayıtların klimatolojik verilerinden kimi parametrelerde özellikle nem miktarında artış ve değişim gözlenmektedir.

Uzun yıllar ortalama sıcaklık dizisinden 1991-1993 yıllarında en yüksek sıcaklık kayıtlarına rastlanmıştır. Güneydoğu Anadolu gibi kurak ve yarı kurak bölgelerde baraj göl ve sulama şebekeleri gibi büyük su yapılarının, çevre ikliminde ve hidrolojisinde değişikliğe neden olabileceği "vaha etkisi" sonucu su dengesini de değiştirebileceğini ifade etmiştir (Kadioğlu 1993).

Denemede, soya fasulyesi A. 3935 (*Glycine max. L*) çeşidi kullanılmıştır. Ekim, 1998 yılında 15 Haziran tarihinde ve 1999 yılında 19 Haziran tarihinde, hasat, 1998 yılında 17 Ekim tarihinde ve 1999 yılında 21 Ekim tarihinde yapılmıştır. Ekim işlemi ile birlikte 6 kg saf fosfor TSP formunda, toplam 10kg saf azot, 1998 yılında amonyum sülfat, 1999 yılında amonyum nitrat formunda ekimden önce ve sonra uygulanmıştır. Fizyolojik olgunluktan sonra Deneme parsellerinin ortasındaki iki sıra soya fasulyesi elle biçilerek hasat edilmiştir.

Topraktaki nem değişimi 0-30 cm' lik katmanlarda gravimetrik yöntemle belirlenmiş, rüzgar hızının özellikle öğleden sonra yüksek olması nedeniyle, yağmurlama sulamalar genellikle öğleden önce, damla sulamalar gün içerisinde her saatte yapılabilmiştir.

Araştırma konularında bitki su tüketimi, 90cm toprak derinliğindeki su dengesi, eşitlik 1'e göre hesaplanmıştır (Garrity ve ark. 1982)

$$ET = P + I - R - D_p \pm \Delta S \quad (1)$$

Eşitlik 1' de; ET bitki su tüketimi, P yağış, I sulama suyu, R yüzey akış, D_p derine sızma ve ΔS kök bölgesinde toprak nem içeriğindeki değişimi ifade etmektedir.

Deneme, bölünen bölünmüş parseller deneme desenine göre üç yinelenmeli olarak yürütülmüştür. Elde edilen veriler TARIST istatistik programı ile analiz edilmiş (Açıköz ve ark. 1993) ve ortalamaların karşılaştırılmasında LSD testi kullanılmıştır (Yurtsever 1984).

Sulama konuları ve yöntemi

Her bir sulama konusu (toplam parsel 46,8 m²) için 12 adet yağmurlama başlığı 6x6 m aralıklarla kare tertibine göre yerleştirilmiştir. Damla sulamada, her 70 cm' sıra aralığına bir lateral döşenmiş, böylece eş su dağılımı amaçlanmıştır.

Su tüketimlerinin saptanmasında nem azalma yöntemi kullanılmıştır (Beyce ve Madanoğlu 1972). Toprağın nem içeriği gravimetrik yöntemle belirlenmiştir. Nem tayini, ilk sulamalardan önce başlamış ve hasattan önceki son sulamalara değin sürdürülmüştür. İlk sulamada, toprak derinliğinin 0-90 cm katmanı tarla kapasitesine gelecek kadar su uygulanmıştır. Ardışık sulamalarda, yağmurlama ve damla konular için uygulanacak sulama suyu miktarı, her gün saat 08⁰⁰ de Pan buharlama kabında 0,1 mm duyarlılıkta derinlik ölçer (manuel limnometre) ile okunan su düzeyleri toplamı, alanla çarpılarak hacim olarak hesaplanmış ve parsel başlarına yerleştirilen sayaçlarda ölçülerek denetlenmiştir.

3 günlük sulama aralığında, toplam buharlaşmanın %100'ü, 6 günlük sulama aralığında %80'i, 9 günlük sulama aralığında %60'ı ve 12 günlük sulama aralığında %40'ı uygulanmıştır. Her sulama konusu (yağmurlama ve damla) için dört farklı sulama aralığı (3, 6, 9 ve 12 gün) ve dört farklı sıra arası mesafe (50x30, 70x30, 80x40 ve 70 cm) seçilmiştir.

Sulama süresi, konular arasında büyük değişim göstermiş, yağmurlama sulama yöntemi rüzgarın sulamayı etkilemediği sabah saatlerinde, damla sulama yöntemi ise gün içerisinde uygun bir saatte gerçekleştirilmiştir.

Her tekerrürde;

A Konusu: 50x30 cm sıra aralığı için 2,5m x 4,0m

B Konusu: 70x30 cm sıra aralığı için 3,0m x 4,0m

C Konusu: 80x40 cm sıra aralığı için 3,6m x 4,0m

D Konusu: 70 cm sıra aralığı için 2,8m x 4,0m olmak

üzere toplam 46,8m² alan kullanılmıştır.

Sulama yöntemlerinin karşılaştırması ve değerlendirmesinde, toplam su kullanım randımanı (TWUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) için Howell ve ark. (1990) tarafından önerilen eşitlikler kullanılmıştır.

TWUE; hektardan elde edilen ürün miktarının bitki su tüketimine bölünmesinden ve IWUE; hektardan elde edilen ürün miktarının sulama suyu miktarına bölünmesinden elde edilmiştir.

Soya fasulyesinin su-verim ilişkilerinin saptanmasında; oransal verim düşüşleri ve oransal su tüketim eksilişinde boyutsuz parametrelerin kullanıldığı Stewart modeli eşitliği ile değerlendirme yapılmıştır (Doorenbos ve Kassam 1979).

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = k_v \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (2)$$

Eşitlik 2' de; Y_a :gerçek verim kg/da, Y_m :maksimum verim kg/da, Y_a/Y_m :oransal verim, $1-Y_a/Y_m$:oransal verim düşüşü, ET_a :gerçek bitki su tüketimi mm, ET_m :maksimum bitki su tüketimi mm, ET_a/ET_m :Oransal su tüketimi, $1-ET_a/ET_m$:oransal bitki su eksilişi, k_v :verim tepki etmeni; evapotranspirasyondaki bir birim azalmaya karşılık verimdeki azalmayı ifade eder.

Bulgular ve Tartışma

Yağmurlama ve damla sulama yöntemleri ve farklı sulama aralıkları için sulama suyu miktarı, sulama sayısı ve bitki su tüketim değerleri Çizelge 3' de verilmiştir. Sulama aralıklarına bağlı olarak; uygulanan sulama suyu miktarı, 1998 yılında 575 mm ile 1295 mm arasında, 1999 yılında 601-1369 mm arasında değişim göstermiştir. Yiğişimli bitki su tüketim miktarı yağmurlama sulama için 1998 yılında 698 mm-1378 mm arasında, 1999 yılı için 763 mm-1425 mm arasında değişmiştir. Birinci yıl değerleri ikinci yıla göre düşük çıkmıştır. Bunun nedeni; ilk sulamadan önce topraktaki mevcut nem miktarı ve iklimsel parametrelerden kaynaklandığı söylenebilir. Sulama aralıklarına göre sulama suyu miktarı ve bitki su tüketimleri incelendiğinde her iki yıldaki değişim yağmurlama ve damla sulamada benzer olmuştur.

Çizelge 4'den izleneceği gibi; TWUE ve IWUE' ye ait gözlemler Çizelge 4' de gösterilmiştir. Çizelge 4' den izleneceği gibi TWUE ve IWUE değerleri, sulama aralığı sık olduğunda (3 günde bir sulamada) düşük, sulama aralığı uzun olduğunda (12 günde bir sulamada) yüksek belirlenmiştir. Buna göre; 1998 yılında 12 günde bir sulanan yağmurlama sulama konusunda en yüksek TWUE 5,30 kg/ha/mm ve en yüksek IWUE 6,44 kg/ha/mm' dir. En düşük TWUE 3 günde bir sulanan yağmurlama sulama konusunda 1,98 kg/ha/mm ve en düşük IWUE

Çizelge 3. Soya fasulyesinde yağmurlama ve damla sulama yöntemi ile konulara uygulanan sulama suyu miktarı ve bitki su tüketimi (mm)

| Sulama konusu ve yılı | Yağmurlama ve damla | | Bitki su tüketimi (mm) | |
|-----------------------|---------------------|---------------|------------------------|-------|
| | Sulama suyu (mm) | Sulama sayısı | Yağmurlama | Damla |
| IY3-1998 | 1295 | 32 | 1378 | 1445 |
| IY6-1998 | 1055 | 18 | 1191 | 1222 |
| IY9-1998 | 794 | 10 | 901 | 939 |
| IY12-1998 | 575 | 8 | 698 | 766 |
| IY3-1999 | 1369 | 34 | 1425 | 1509 |
| IY6-1999 | 1119 | 17 | 1264 | 1350 |
| IY9-1999 | 836 | 10 | 977 | 953 |
| IY12-999 | 601 | 8 | 763 | 801 |

2,10 kg/ha/mm ölçülmüştür. Benzer sonuçlara, 1998 yılında 12 günde bir sulanan damla sulama konusunda en yüksek TWUE 4,05 kg/ha/mm ve en yüksek IWUE 5,39 kg/ha/mm' dir. En düşük TWUE 3 günde bir sulamada 1,74 kg/ha/mm ve IWUE 1,94 kg/ha/mm hesaplanmıştır. Bu sonuçlar daha önce yapılan çalışmalarda bildirilen değerlerle uyum içindedir (Yazar ve ark. 1989, Yazar ve ark. 1991, Larry ve Spurlock 1993, Vearela 1998, Sousa ve ark. 1999).

Çizelge 4. Yağmurlama ve damla sulama yöntemlerinin soya fasulyesi dane verimine etkisi - toplam su kullanım (TWUE) ve sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) kg/ha/mm

| Yağmurlama konuları | TWUE | IWUE | Damla konuları | | | |
|---------------------|--------|------|----------------|--------|------|------|
| | | | TWUE | IWUE | | |
| 1998 Yılı | IY3-A | 3,45 | 3,67 | ID3-A | 3,71 | 4,14 |
| | IY3-B | 2,89 | 3,08 | ID3-B | 3,33 | 3,71 |
| | IY3-C | 2,21 | 2,35 | ID3-C | 1,74 | 1,94 |
| | IY3-D | 1,98 | 2,10 | ID3-D | 2,06 | 2,30 |
| | IY6-A | 3,41 | 3,85 | ID6-A | 3,16 | 3,66 |
| | IY6-B | 3,04 | 3,43 | ID6-B | 2,86 | 3,31 |
| | IY6-C | 2,86 | 3,23 | ID6-C | 2,96 | 3,43 |
| | IY6-D | 2,86 | 3,23 | ID6-D | 2,20 | 2,55 |
| | IY9-A | 4,36 | 4,95 | ID9-A | 3,20 | 3,79 |
| | IY9-B | 3,31 | 3,76 | ID9-B | 3,76 | 4,44 |
| | IY9-C | 3,70 | 4,20 | ID9-C | 2,82 | 3,33 |
| | IY9-D | 3,60 | 4,08 | ID9-D | 2,28 | 2,69 |
| 1999 Yılı | IY12-A | 4,73 | 5,75 | ID12-A | 4,05 | 5,39 |
| | IY12-B | 5,30 | 6,44 | ID12-B | 3,53 | 4,71 |
| | IY12-C | 4,11 | 4,99 | ID12-C | 2,90 | 3,86 |
| | IY12-D | 4,29 | 5,21 | ID12-D | 2,04 | 2,71 |
| | IY3-A | 2,76 | 2,87 | ID3-A | 2,95 | 3,25 |
| | IY3-B | 2,31 | 2,40 | ID3-B | 2,88 | 3,17 |
| | IY3-C | 2,31 | 2,40 | ID3-C | 2,67 | 2,94 |
| | IY3-D | 2,69 | 2,80 | ID3-D | 2,27 | 2,51 |
| | IY6-A | 3,00 | 3,39 | ID6-A | 3,10 | 3,74 |
| | IY6-B | 2,91 | 3,28 | ID6-B | 2,64 | 3,19 |
| | IY6-C | 2,20 | 2,49 | ID6-C | 2,51 | 3,02 |
| | IY6-D | 2,94 | 3,32 | ID6-D | 2,06 | 2,48 |
| 1999 Yılı | IY9-A | 3,39 | 3,97 | ID9-A | 3,69 | 4,21 |
| | IY9-B | 3,27 | 3,82 | ID9-B | 3,42 | 3,90 |
| | IY9-C | 3,55 | 4,15 | ID9-C | 2,77 | 3,16 |
| | IY9-D | 3,20 | 3,73 | ID9-D | 2,04 | 2,32 |
| | IY12-A | 2,91 | 3,69 | ID12-A | 3,73 | 4,97 |
| | IY12-B | 2,42 | 3,07 | ID12-B | 4,10 | 5,46 |
| | IY12-C | 4,38 | 5,56 | ID12-C | 3,47 | 4,62 |
| | IY12-D | 2,29 | 2,90 | ID12-D | 3,04 | 4,05 |

IY: yağmurlama sulama, ID: damla sulama, 3, 6, 9,12: sulama aralıkları, A, B, C, D: sıra aralıkları, 1998-1999: deneme yıllarını ifade etmektedir.

Soya fasulyesinde, yağmurlama ve damla sulama yönteminde, farklı sulama aralığı ve farklı sıra aralıklarının dane verimine etkisi ile uygulamalar arasında farklılıkların önem düzeylerini belirlemek amacıyla yapılan LSD testi sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir. Çizelge 5 incelendiğinde, iki farklı sulama yöntemi 1998 ve iki yıl ortalamasında istatistiki anlamda önemsiz, 1999 yılında ise istatistiki anlamda önemli ($P<0,001$) olduğu belirlenmiştir. Yağmurlama sulamada verim; 346,0 kg/da (1998), 315,9 kg/da (1999) ve iki yıl ortalaması 330,9 kg/da olarak saptanmıştır. Damla sulamada verim 313,9 kg/da (1998), 331,2 kg/da (1999) ve iki yıl ortalaması 322,5 kg/da olarak belirlenmiştir.

Dört farklı sulama aralığında (3, 6, 9 ve 12 gün) ortalamalar arası farklılıkları gösteren LSD testi sonucuna göre dört farklı grupta toplanmış ve ortalamalar arası farklılıklar önemli ($p<0,001$) çıkmıştır. Verimler sırasıyla 1998 yılında 3 günlük konuda: 377,1 kg/da, 6 günlük konuda: 352,0 kg/da, 9 günlük konuda: 310,0 kg/da ve 12 günlük konuda: 280,6 kg/da, 1999 yılı için ise sırasıyla 382,3 kg/da, 348,3 kg/da, 305,8 kg/da ve 257,8 kg/da, iki yıl ortalamasında anılan konulardan sırasıyla 379,7 kg/da, 350,1 kg/da, 307,9 kg/da ve 269,2 kg/da olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar ve incelenen özelliklere bakıldığında, sulama yöntemleri x sulama aralığı arasındaki etkileşimler istatistiki anlamda çok önemli bulunmuştur ($p<0,001$). Yazar ve ark. (1991), Palestine ve ark. (1994) ve Vearela (1998) tarafından soya fasulyesinde yaptıkları çalışmaların sonuçlarıyla benzerlik göstermektedir. Yağmurlama sulama yönteminde verimin damla sulamaya göre yüksek çıkması, özellikle yetiştirme döneminde havada ve bitki vegetatif bölgesindeki yoğun bulunan tozun anılan yöntemle yıkanması ve bitkinin daha kolay fotosentez yapması şeklinde açıklanabilir. Bir başka faktör, yağmurlama sulama ile bitki çevresindeki su buharı moleküllerinin dağıldığı ve bitki transpirasyonunun arttığı gösterilebilir.

Çizelge 5. Soya fasulyesinde farklı sulama yöntemi, farklı sulama aralığı ve farklı sıra aralıklarında dane verimi

| Uygulamalar | Yıllar ve dane verimi (kg/da) | | Ortalama dane verimi (kg/da) |
|---------------|-------------------------------|---------|------------------------------|
| Sulama yönt. | 1998 | 1999 | Ortalama |
| IY | 346,0 a | 315,9 b | 330,9 a |
| ID | 313,9 a | 331,2 a | 322,5 a |
| LSD | 34,433 | 13,000 | 24,715 |
| Sulama aralı. | | | |
| 3 | 377,1 a | 382,3 a | 379,7 a |
| 6 | 352,0 b | 348,3 b | 350,1 b |
| 9 | 310,0 c | 305,8 c | 307,9 c |
| 12 | 280,6 d | 257,8 d | 269,2 d |
| LSD | 14,686 | 15,618 | 15,150 |
| Sıra aralığı | | | |
| A | 392,4 a | 354,8 a | 373,6 a |
| B | 360,2 b | 330,6 b | 345,4 b |
| C | 295,5 c | 321,3 b | 308,4 c |
| D | 271,6 d | 287,5 b | 279,6 d |
| LSD | 9,594 | 11,041 | 10,330 |
| SY*SUA | *** | *** | *** |
| SY*SIA | *** | *** | *** |
| SUA*SIA | *** | *** | *** |
| SY*SUA*SIA | *** | *** | *** |

IY:Yağmurlama sulama, ID: damla sulama, SUA: sulama aralığı, SY: sulama yöntemi, SIA:sıra aralığı

*** $p<0,001$

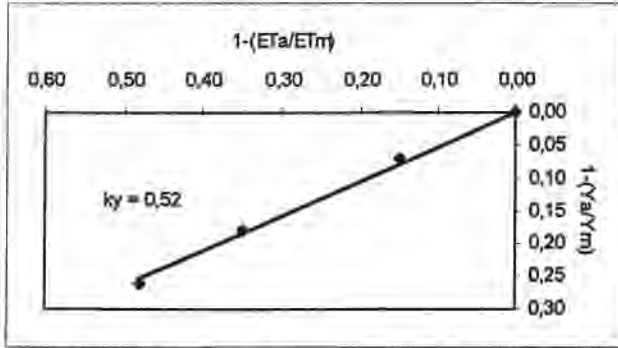
Soya fasulyesinde uygulanan 4 farklı sıra aralığında (A:50x30, B:70x30 C:80x40 ve D:70 cm) 1998 yılı için elde edilen verim ortalamalarındaki farklılıklar LSD testi sonucuna göre çok önemli olduğu ($p<0,001$) belirlenmiş ve farklı grupları oluşturmuştur. Verimler 1998 yılı için sırasıyla A konusunda: 392,4 kg/da, B: konusunda:360,2 kg/da, C konusunda: 295,5 kg/da, D konusunda: 271,6 kg/da hesaplanmıştır. 1999 yılı için ortalamalar arasında farklılıklar iki grupta toplanmış ve elde edilen verimler aynı konular için sırasıyla 354,8 kg/da, 330,6 kg/da, 321,3 kg/da ve 287,5 kg/da olarak saptanmıştır. İki yıl ortalamasında anılan konularda sırasıyla; 373,6 kg/da, 345,4 kg/da, 308,4 kg/da ve 279,6 kg/da olarak belirlenmiştir. İki yılın ortalamalar arası farklılıklarına bakıldığında dört farklı grupta toplandığı görülmüş ve ortalamalar arası farklılıkların istatistiki açıdan çok önemli ($p<0,001$) olduğu hesaplanmıştır. Sulama yöntemi x sıra aralığı etkileşimlerinin çok önemli ($p<0,001$) olduğu belirlenmiştir. Araştırma materyali olan soya fasulyesinin farklı sıra aralıklarında elde edilen verime ilişkin değerler, daha önce yapılan araştırmalarda benzerlik göstermektedir (Glenn ve ark 1992, Greterol ve ark 1996).

İki yıllık ortalamalar, sulama yöntemlerine göre incelendiğinde; damla sulamada, sıra aralıkları bakımından 50x30 cm sıra aralığı konusu tüm sulama aralıklarında sırasıyla 490,3 kg/da, 402,4 kg/da, 326,2 kg/da ve 304,0 kg/da ile en yüksek verimi verirken, en düşük verimler ise tüm sulama aralığı konularında 70 cm' den sırasıyla 320,7 kg/da, 270,3 kg/da, 204,3 kg/da ve 199,7 kg/da elde edilmiştir. Yağmurlama sulamada, sıra aralıkları bakımından incelendiğinde dördüncü sulama aralığı konusu hariç, en yüksek verim 50x30 cm sıra aralığından sırasıyla (434,6 kg/da, 392,8 kg/da ve 362,4 kg/da) elde edilmiştir. En düşük verimler, birinci ve ikinci sulama aralığında 80x40 cm sıra aralığından (316,7 kg/da ve 309,2 kg/da) elde edilirken, üçüncü ve dördüncü sulama aralıklarında 70 cm' den (318,0 kg/da ve 237,0 kg/da) bulunmuştur.

İncelenen özellikler, sulama yöntemi x sulama aralığı, sulama yöntemi x sıra aralığı, sulama aralığı x sıra aralığı ve sulama yöntemi x sulama aralığı x sıra aralığı arasındaki etkileşimler çok önemlidir ($p<0,001$). Soya fasulyesinde; uygulanan sulama suyu miktarı, sulama aralığı ve sıra aralığının (m^2 deki bitki sayısının) verime etkisi çok önemlidir ($p<0,001$). Uygulanan sulama suyu miktarının azalması, sulama aralığının uzaması ve sıra aralığının açılması, verimde lineer bir azalışın önemli göstergesidir.

Verim su tepki etmeni

Verim su tüketim değerleri incelendiğinde; sulama suyu miktarının azalması, sulama aralığının artması ve sıra aralığının değişmesi (m^2 deki bitki sayısı), su tüketimi ve verim arasında çok önemli bir ilişkinin ortaya çıktığı belirlenmiştir. Ancak, evapotranspirasyon (ET) ile verim (Ya) arasındaki ilişkinin saptanmasında bir başka seçenek, oransal su tüketim eksilişi ile oransal verim düşüşleri arasındaki ilişkiyi değerlendirmedir. Oransal evapotranspirasyon açığı ile oransal verim düşüşleri arasındaki ilişkiyi gösteren doğrunun eğimi verim tepki etmeni $ky:0,52$ olarak hesaplanmıştır (Şekil 1).



Şekil 1. Soya fasulyesinde oransal su tüketim eksilişi ile oransal verim düşüşleri arasında su verim ilişkisi, Ky

Başka bir ifadeyle su tüketiminde bir birimlik açığa karşılık verimde meydana gelecek azalma miktarıdır. Deneme sonucuna göre su tüketimindeki %10'luk bir azalma verimde %5,2 düşüşe neden olmaktadır. Doorenbos ve Kassam (1979) soyanın toplam büyüme mevsimi için verim tepki etmenini 0,85 olarak vermişlerdir. Ky değerinin Doorenbos ve Kassam (1979)'a göre farklı çıkmasının nedeni, araştırmanın sulama aralıkları ve sıra aralıklarına göre değerlendirilmiş olmasından kaynaklanmaktadır.

Araştırma sonucunun verileri ışığında, Harran Ovası koşullarında soya fasulyesinde; yağmurlama sulama yöntemi, 3 günde bir sulama aralığı ve 50x30 cm sıra aralığı önerilmektedir. Ancak yalnız bir değerlendirme ile de, ülkemizde ve bölgemizde yaşanan kuraklık nedeniyle! kaynaklarımızın verimli ve anlamlı kullanılması ve verimde risk oluşmaması düşüncesiyle (verimde 25 kg/da azalma) 6 günde (yığılımlı Pan katsayısı 0,85-0,90 uygulanarak) bir sulama ve 50x30 cm sıra aralığı hedef kitleye (üretici çiftçiye) önerilmektedir.

Kaynaklar

- Açıkgöz, N., M. E. Akkaş, A. Moghaddam ve K. Özcan, 1993. TARIST PC'ler için istatistik ve kantitatif genetik paketi. Uluslararası Bilgisayar Uygulamaları Sempozyumu, 133. 10-19. Konya.
- Anonim, 1995. DSI haritalı istatistik bülteni, Ankara.
- Beyce, Ö., K. Madanoğlu ve Ç. Ayla, 1972. Türkiye'de Yetiştirilen Bazı Sulanır Mahsullerin Su İstihlakleri I, Cilt Deneme Neticeleri Merkez Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın 15, Teknik Yayın 12, Ankara.
- Diñç, U., S. Şenol, M. Satın, S. Kapur, N. Güzel, R. Derici, M. Ş. Yeşilsoy, İ. Yeğingil, M. Sarı, Z. Kaya, M. Aydın, F. Kettaş, A. Berkman, A. K. Çolak, K. Yılmaz, B. Tunçbögüs, V. Çavuşgil, H. Özbek, K. Y. Gülüt, C. Kahraman, O. Diñç ve E. E. Kara, 1988. Güneydoğu Anadolu Toprakları (GAP), I. Harran Ovası, TÜBİTAK, TOAG 534, Kesin Sonuç Raporu.
- Doorenbos, D. and A. H. Kassam, 1979. Yield response to water. FAO Irrigation and Drainage Paper No 33, Food and Agriculture Organization of The United Nations, Rome: 193.
- Fuchs, M. and G. Stanhill, 1963. The use of class a evaporation pan date to estimate the irrigation water requirements of the cotton crop. Israel O. Agr. Research. 13 (2).
- Garrity, P. D., D. G. Watts, C. Y. Sullivan and J. R. Gilley, 1982. Moisture deficits and grain sorghum performance. Evapotranspiration yield relationships. Agron. J., 74: 815-820.
- Glenn R. B., L. R. James, O. A. Lanny and B. S. Judith, 1992. Row spacing in the early soybean production systems. Published in Agron. J. P 524-531, USA.
- Goldberg, D., B. Cornat and D. Sadan, 1967. Relation between water consumption peanut and class a pan evaporation during the growing season. Soil Sci. Vol. 104 (4), USA.
- Graterol, Y. E., R. W. Elmore and D. E. Eisenhauer, 1996. Journal of Production Agriculture, Vol. 9 (4) 546-553, USA.
- Howell, T. A., M. Meron, K. R. Davis, C. J. Phene and H. Yamada, 1984. Water management of trickle and furrow irrigated narrow row cotton in the San J. Valley. Applied Engineering in Agriculture Vol.3, No. 5, p.222-227.
- Kadioğlu, M. 1993. GAP Bölgesinde beklenen iklim değişiklikleri. TMMOB GAP' ta Teknik Hizmetler Sempozyumu, s: 327-343, Ankara.
- Kanber, R. 1984. Çukurova koşullarında açık su yüzeyi buharlaşmasında (Class A Pan) yararlanarak birinci ve ikinci ürün yerleştirilmesinin sulanması. Topraksu Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No:114, Tarsus.
- Kanber, R., S. Önder, M. Ünlü, H. Köksal, B. Özekic., S. M. Sezen, A. Yazar ve K. Koç, 1996. Pamuk üretiminde yüzey sulama yöntemlerinin optimizasyonu ve yağmurlama sulama ile karşılaştırılması. GAP Kalkınma İdaresi Başkanlığı Kesin Sonuç Raporu, Proje No: 18, GAP Yayınları 96, Adana.
- Larry, G. H. and S. R. Spurlock, 1993. Timing of furrow irrigation termination for determinate soybean on clay soil. Agron. J. Vol.85 No: 6 P.1103-1108, USA.
- Paltineanu I., C. Negrița, M. Craclun and I. Craclun, 1994. Long term trials on irrigated field crops in semiarid area of Romania. Romania Agricultural Research No:1. p.85-92.
- Partowiyoto, A., N. Husein and S. Hartadji, 1998. Indonesian national committee on irrigation and drainage (Inacid). Directorate General of Water Resources Development, Ministry of Puplic Works A-29 12p. Field Crops Abst. 1999, Vol. 52. No.5.
- Sousa, V. F., D. E. Coelho and E. E. Sousa, 1999. Irrigation frequency in melons cultivated in sand soil. Pesquisa Agropersuaria Brasileira, Vol. 34 (4) 659-664, Buenos Aires, Brazil.
- Vearela, B. D, 1998. Deficit irrigation during the reproductive stages of soybean (Glycine Max L.). Merrill Philippines Uni. Los Banos, College Laguna, 1998, Vol 97.
- Yazar A., B. Çevik, O. Tekinel, K. Tülüöcü, R. Kanber ve R. Baştuğ, 1989. Çukurova koşullarında yağmurlama yöntemiyle ikinci ürün oyada evapotranspirasyon verim ilişkilerinin belirlenmesi, TÜBİTAK-TOAG 551 No'lu Proje.
- Yazar A., V. Oğuzer, K. Tülüöcü, H. Aroğlu, C. Gençoğlan ve K. Diker, 1991. Harran ovası koşullarında açık su yüzeyi (Class A Pan) buharlaşmasından yararlanarak ikinci ürün soya için sulama programlarının geliştirilmesi. GAP Kalkınma İdaresi Başkanlığı Kesin Sonuç Raporu, Proje Bileşeni No : 5.3.3.
- Yurtsever, N. 1984. Deneysel İstatistik Metodlar. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Yayınları, Ankara.