

Kısıntılı Sulamada Farklı Sulama Programlarının İşletme Bazında Karşılaştırılması

Y. Ersoy YILDIRIM¹

Geliş Tarihi : 11.03.1997

Özet: Araştırma Ankara İli Beypazarı ilçesi koşullarında kısıntılı sulamada farklı sulama programlarının işletme bazında karşılaştırılması amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla bitkilerin sulama programları, brüt kar değerleri ile yeterli ve kısıtlı sulama suyu koşullarındaki optimum bitki desenleri bulunmuştur. Ortalama iklim faktörleri için 180.9 da tarım alanına sahip işletmede yetiştirilen bitkilerin sulama programları IRSIS yazılımı yardımıyla belirlenmiştir. Optimum bitki deseninin bulunmasında doğrusal programlama tekniği kullanılmıştır. İşletme sulama suyu kapasitesinin yetersiz olması durumunda mevsimlik kısıt yerine mevsim içi kısıt yapılarak hazırlanan sulama programlarının işletme gelirini %2.5 ile %8 arasında artırdığı saptanmıştır. Elde edilen sonuçlar, sulama suyu kapasitesi yetersiz olan işletmelerde su-verim ilişkileri ve kısıntılı sulamada mevsim içi kısıtlara önem verilmesi gerektiğini göstermektedir.

Anahtar kelimeler : Kısıntılı sulama, sulama programlaması, optimum bitki deseni.

Comparison of Different Irrigation Schedules in Deficit Irrigation for Agricultural Farm

Abstract: This study was aimed to compare different irrigation schedules in deficit determined irrigation for agricultural farm in Beypazarı region. By this purpose, it was pattern under adequate and limited water supply conditions. Irrigation schedules of crops in a farm having 180.9 da land average were determined through IRSIS computer program. Linear programming was used to determine optimum crop pattern for was applied instead of application of whole season deficit irrigation income increased between 2.5% and 8.0%. The obtained results indicated that yield response to water and single season deficit irrigation were important in the farm which had limited water supply capacity.

Key words : Deficit irrigation, irrigation scheduling, optimum crop pattern.

Giriş

Bitkinin normal gelişmesi için gerekli olan ancak doğal yağışlarla karşılanamayan suyun toprağa verilmesi olan sulama, tarımsal üretimdeki en önemli uygulamalardan biridir. Sulamadan beklenen yararın sağlanabilmesi, suyun bitki tarafından ihtiyaç duyulan zamanda ve miktarda verilmesinin yanında koşullara uygun sulama yönteminin seçimine, seçilen yöntemin gerektirdiği sistemin kurulmasına ve sistemin amaca uygun bir şekilde işletilmesine bağlıdır.

Sulama işletmeciliğinin başarısını, bitki büyüme mevsimi boyunca topraktaki mevcut nemin seviyesi yanında yağış ile bitki su tüketimi hakkındaki bilgiler önemli ölçüde etkilemektedir (Botes ve ark., 1996).

Sulama zamanı planlaması, mevcut nem bitki veriminin belirgin bir şekilde düştüğü toprak nemi seviyesine düşmeden önce sulamanın gerçekleştirilmesini zorunlu kılmaktadır (English ve ark., 1981). Büyüme mevsimi boyunca toprak neminin belirli düzeyde tutulduğu ve diğer üretim girdilerinin tamamen karşılandığı durumda maksimum verim (Y_m) elde edilir. Maksimum verim elde edilirken bitkinin tükettiği su miktarına ise maksimum su tüketimi (ET_m) adı verilir. Bitki kök bölgesine daha az su verildiği durumlarda bitkinin daha az su kullanması ile elde edilen gerçek verim (Y_a) maksimum verimden daha az olurken gerçek bitki su tüketimi de (ET_a) maksimum su tüketiminin altına düşmektedir. Verimdeki bu azalış toprak nemi eksikliğinin zamanına, süresine ve şiddetine bağlı olarak az veya çok miktarda olmaktadır. Bu durumda kısıtlı su ile en yüksek verimin elde edilebileceği sulama programlarının hazırlanması gerekmektedir. Bu programların yapıla-

bilmesi su-verim ilişkilerinin iyi bir şekilde ortaya konmasına bağlıdır (Kodal ve ark., 1993).

Su verim ilişkilerinin belirlenmesinde en yaygın olarak Doorenbos ve Kassam 1979'da verilen boyutsuz su-verim ilişkisi kullanılmaktadır. Bu ilişki yardımıyla, bitki büyüme mevsiminin tümünde kısıtlı su uygulaması (mevsimlik kısıt) veya bitkinin suya karşı daha az duyarlı olduğu bir veya bir kaç büyüme döneminde kısıtlı su uygulaması (mevsim içi kısıt) durumlarında ortaya çıkacak verim azalmaları hesaplanabilmektedir.

Sulama suyunun tarlaya ne zaman ve ne kadar uygulanacağını belirten sulama zamanı planlama yaklaşımı çiftçilerin amaçlarına ve olaya yaklaşımdaki kriterlerine bağlı olarak çeşitlilik göstermektedir. Maksimum gelir, en fazla verim, birim sudan en fazla verimin elde edilmesi, beklenen değerlerden azami düzeyde yararlanma, net faydalardaki değişmeler karar vermede en önemli kriterlerdir. Bunlara ilave olarak beklenmeyen masraflar, çiftçilerin su enerji kullanımı sırasında kısıtlayan faktörler sulama zamanını planlamada etkili olmaktadır.

Sulama suyunun kısıtlı ve pahalı olduğu yerlerde su tasarrufu sağlayabilecek yeni yöntemlerin seçimi yanında kısıntılı sulama uygulamasında bir alternatif olarak gözönünde tutulmaktadır. Kısıntılı sulama, belirli seviyelerde su eksikliğine ve bitki verimi azalmasına izin verilmesi durumunda yapılan bir optimizasyon yaklaşımıdır. Bu sulamanın esas amacı, optimum sulamada uygulanan sulama suyundan yapılan su tasarrufu ile su kullanım randımanının artırılması ve

¹ Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü - Ankara

verimi en az düzeyde etkileyen sulamaların yapılmamasıdır. Aynı miktarda su ile daha fazla alanın sulanması ve birim sudan daha fazla gelir elde edilmesine olanak sağlaması kısıtlı sulamanın en önemli özellikleridir (English ve ark., 1992; Yıldırım ve ark., 1995). Sulama sisteminin kısıtlı koşullara göre planlanması sonucu su, enerji ve sermaye ihtiyaçlarında önemli azalmalar olmakta, buna bağlı olarak da işletmenin gelirinde artış sağlanabilmektedir (English ve ark., 1990).

Toprak bünyesi, su kaynağının durumu, sulama sistemi ve bitki çeşidindeki farklılıklar nedeniyle tarım işletmesinde kısıtlı sulama programlarının hazırlanması oldukça zordur (Lamacq ve ark., 1996). Suyun bol, enerjinin ucuz olduğu durumlarda elde edilen verim optimum koşullardaki verime yakındır. Değişen ekonomik koşullar gibi su kaynakları da sınırlıdır ve elde edilmesi gün geçtikçe masraflı hale gelmektedir. Bu nedenle sulama işletmeciliği ile ilgili kararları alırken ekonomik koşulların gözönünde tutulması gerekmektedir (Martin ve ark., 1984). Kısıtlı sulama işletmeciliği, pazar değeri olan ürünle sulama miktarı arasındaki ilişkiye bağlıdır. Sudan yapılan kısıt büyüme mevsimi içinde ekonomik kayıp riskini artırmaktadır. Bu durumda üreticiler ya çok yıllık dönemde en fazla kara ulaşmayı, yada tek yılda olabilecek kaybı en aza indirmeyi hedefleyerek suyu kullanmalıdırlar (Martin ve ark., 1989).

Tarım işletmesinde en fazla geliri sağlayacak optimum bitki deseninin bulunmasında, işletme organizasyonunu etkileyen tüm faktörlerin değerlendirilmesine olanak sağlayan doğrusal programlama tekniğinin kullanıldığı modellerden yararlanılmaktadır (Mjelde ve ark., 1992). Modelin amaç fonksiyonunu ele alınan koşuldaki brüt kar değerleri, kısıtlarını ise işletme arazi genişliği, ikinci ürün ekim alanı, bitkilerin minimum ve maksimum ekiliş oranları, sulama suyu kapasitesi ve aile işgücü kapasitesi gibi sınırlı kaynaklar oluşturmaktadır (Benli ve Erözel, 1990). Doğrusal programlama modelinden elde edilen sonuçları en fazla etkileyen etmenler uygulanan teknolojinin seviyesi ile işletme koşullarıdır. Suyun kısıtlı olduğu koşullarda sulama planlarına ilişkin seçeneklerin modele konması durumunda elde edilen brüt kar değerlerinin karşılaştırılması ile hangi bitkilere ne oranda su kısıtının uygulanabileceğine ilişkin kararların verildiği kısıtlı sulamanın optimizasyonu ile ilgili çalışmalar sulama suyunun miktar ve kalite açısından değerinin arttığı günümüzde giderek önem kazanmaktadır (Yaron ve Bresler, 1983). Bu çalışmalara bitki deseninde bulunan bitkilerin bir rotasyon dahilinde yetiştirilmesini zorunlu kılan kısıtların konulması özellikle yeraltı suyunun sulamada kullanıldığı alanlarda çiftçilerin sulama suyundan en etkin bir şekilde yararlanmalarına imkan sağlamaktadır.

Bu araştırmanın amacı, Ankara ili Beypazarı ilçesinde yeterli su koşulunda ve kısıtlı su durumunda mevsimlik ve mevsim içi kısıt yapıldığı koşullarda bitkilerin sulama programlarının belirlenmesi, bitkilerin brüt kar değerlerinin hesaplanması, tarım işletmesi için yeterli ve yetersiz su kapasitesi koşullarında optimum bitki desenlerinin bulunması ve elde edilen sonuçlardan yararlanılarak mevsimlik ve mevsim içi kısıtların karşılaştırılmasıdır.

Materyal ve Yöntem

Materyal

Araştırma alanı olarak Ankara'ya 100 km uzaklıkta olan Beypazarı ilçesi seçilmiştir. İlçedeki tarım alanlarının %62'sinde sulu ve kuru tarım yapılırken %38'i nadasa bırakılmaktadır. Sulanabilir tarım alanları 11600 ha olup bunun halen %78'i sulanabilmektedir. Sulanan alanlarda sebze ağırlıklı olmak üzere meyve, bağ, yem bitkileri ve sanayi bitkileri yetiştirilmektedir. Sulu koşullarda yılda iki, hatta bazen üç ürün elde edilebilmektedir (Dernek ve Erdem, 1993). Yöredeki toprakların arazi kabiliyet durumu genelde I, II ve III. sınıftır. Tarım alanlarının çoğu killi-tin bünyeye sahiptir (Kodal, 1986). Araştırmada kullanılabilir su tutma kapasitesi 150 mm/m, infiltrasyon hızı 10 mm/h, bünyesi killi-tin olan tek toprak grubu esas alınmıştır. Yörede en yaygın sulama yöntemi yağmurlama sulama yöntemidir. Akarsudan pompajla su alınan küçük yerüstü sulama tesislerinin sayısı oldukça fazladır.

İlçedeki tarım topraklarının %21'ini 1-50 da, %20'sini 51-100 da, %23'ünü 101-250 da, %21'ini 251-500 da, %15'ini ise 501 da ve daha büyük olan işletmeler oluşturmaktadır. Bu işletmelerin ortalama büyüklüğü 182.4 da olup bunun 1.5 da'ı bağ, 180.9 da'ı ise tarla arazisinden oluşmaktadır (Dernek ve Erdem, 1993). Bu araştırmada ortalama işletme büyüklüğüne sahip (182.4 da) arazisi olan bir işletme esas alınmış ve işletmedeki tarla arazisinin tamamının (180.9 da) sulanabilir özellikte olduğu kabul edilmiştir.

Beypazarına ilişkin iklim faktörlerinin onar günlük ortalama değerleri, ilçedeki meteoroloji istasyonunda 1971-1994 yılları arasında ölçülen değerler kullanılarak hazırlanmıştır. Yıllık ortalama sıcaklık 12.8 °C, ortalama nisbi nem %57.9, toplam yağış ise 380.4 mm'dir.

Araştırmada IRSIS (Irrigation Scheduling Information System), QPRO (Quatro Professional), EXCEL, QSB (Quantitative Systems for Business) bilgisayar yazılımlarından yararlanılmıştır.

Yöntem

Araştırmada, Beypazarı Tarım İlçe Müdürlüğü kayıtları ile Dernek ve Erdem (1993)'de belirtilen orta büyüklükteki işletmelerde yetiştirilen bitkiler gözönüne alınarak kuru koşullarda buğday ve arpa, sulu koşullarda ise buğday, arpa, yeşil soğan, domates ve II. ürün yeşil soğan yetiştiriciliği esas alınmıştır. Bu bitkilere ilişkin olarak ekim tarihleri ile yetiştirme dönemi uzunlukları Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan bitkiler, ekim tarihleri ve yetiştirme dönemi uzunlukları.

Simge	Bitki cinsi	Ekim tarihi	Yetiştirme dönemi uzunluğu (gün)
SBUĞDAY	Buğday (sulu)	11/10	260
SARPA	Arpa (sulu)	11/10	245
SOĞAN	Soğan	21/3	100
DOMATES	Domates	1/5	150
SOĞAN-II	Soğan (II. ürün)	1/8	90
KBUĞDAY	Buğday (kuru)	11/10	250
KARPA	Arpa (kuru)	11/10	240

Araştırma alanına ilişkin referans bitki su tüketimi değerleri Penman (FAO Modifikasyonu) yöntemi kullanılarak IRSIS bilgisayar programı yardımıyla hesaplanmıştır. Hesaplama sırasında güneşleme süresi ve güneş ışınları şiddetlerinin tahmini için Kabakçı (1986)'da önerilen katsayılardan yararlanılmış ve rüzgar hızı oranı mevsimlik olarak ortalama 1.9 alınmıştır.

Bitki su ihtiyacının karşılanma durumuna göre dört seçenek oluşturulmuştur. Bunlar S₁ (bitki su ihtiyacının tam olarak karşılandığı durum), S₂ (bitki su ihtiyacının %75'inin karşılandığı durum), S₃ (bitki su ihtiyacının %50'inin karşılandığı durum) ve S₄ (bitki su ihtiyacının %25'inin karşılandığı durum) ile ifade edilmiştir. Örneğin optimum sulama S₁ ile gösterilirken, mevsimlik sulama suyunun %50'sinin karşılandığı konu M-S₃ ile gösterilmiştir.

Bitki büyüme mevsimi boyunca belirli oranlarda yapılan su kısıtları yanında bitki büyüme mevsimi içindeki bazı büyüme devrelerinde sulama suyundan kısıt yapıldığı konular da ele alınmıştır. Bu amaçla bitki büyüme devreleri; çimlenme ve çıkış (0), vejetatif gelişme (1), çiçeklenme (2), verim oluşumu (3), olgunlaşma (4) şeklinde ifade edilmiştir. Örneğin, çiçeklenme devresinde sulama suyunun %25 düzeyinde karşılandığı koşul MY2-S₄ ile gösterilmiştir.

Herbir kombinasyon için mevsimlik ve farklı büyüme devreleri için mevsim içi kısıt durumu gözönüne alınarak IRSIS bilgisayar programı kullanılarak bitki su tüketimleri ve sulama programları oluşturulmuştur. Program çözümleri alınırken kullanılan bitki gelişme dönemi uzunlukları, kc bitki katsayıları, bitki büyüme devresi uzunlukları, mevsimlik ky verim faktörleri, bitki kök derinliği, sulamaya başlanacak nem düzeyi vb. bilgilerin hazırlanmasında Doorenbos ve Pruitt (1977), Doorenbos ve Kassam (1979), Raes ve ark. (1988)'da belirtilen kriterlerden yararlanılmıştır.

İşletme planlamasında karar kriteri olarak büyük önem taşıyan ve her bir üretim faaliyeti için hesaplanan brüt kar Kodal (1996)'da verilen şekilde hesaplanmıştır. Brüt kar değerleri hesaplanırken 1995 yılı fiyatları esas alınmıştır.

Yeterli ve kısıtlı sulama suyu koşullarında 180.9 da tarla arazisi olan bir işletme için optimum bitki deseninin bulunmasında doğrusal programlama tekniğinden yararlanılmıştır (Karayalçın, 1993). Doğrusal amaç fonksiyonu ile kaynaklara ilişkin doğrusal kısıt eşitsizliklerinden oluşan doğrusal programlama modellerinin çözümünde QSB bilgisayar programından yararlanılmıştır. Modelde karar değişkenlerinin amaç fonksiyonundaki birim katkı katsayıları olarak brüt kar değerleri kullanılmıştır. Üretim düzeyini sınırlandıran üç grup kısıt kullanılmıştır. Bunlar alan kısıtları, işgücü kısıtları ve sulama suyu kısıtlarıdır. İşgücü açısından kodal (1996)'da verilen 3 işletmenin sulama suyu kapasitesi açısından onar günlük dönemlerden ibaret toplam 36 adet su kısıtı yapılmıştır. İşletme su kaynağı kapasitesi açısından 5 seçenek ele alınmıştır (Çizelge 2). Araştırmada herbir su kapasitesi için ayrı ayrı model oluşturularak çözüm alınmıştır.

Mevsimlik ve mevsim içi kısıtların işletme bazında karşılaştırılmasında aşağıdaki iki yaklaşım yapılmıştır.

A Yaklaşımı: Optimum sulama ve yalnız mevsimlik kısıtlara ilişkin sulama programlarının kullanıldığı yaklaşım.

B Yaklaşımı: Optimum sulama yanında mevsimlik ve mevsim içi kısıtlara ilişkin sulama programlarının birlikte kullanıldığı yaklaşım.

Herbir yaklaşımda K₂, K₃, K₄ ve K₅ su kapasitelerine sahip işletmeler için ayrı ayrı doğrusal programlama modelleri oluşturularak optimum bitki desenleri ve maksimum işletme gelirleri elde edilmiştir.

Bulgular ve Tartışma

Araştırmada ele alınan bitkiler için geliştirilen sulama programlarının sonuçları Çizelge 3'de özetlenmiştir. Çizelgede sulama programlarına ilişkin mevsimlik sulama suyu miktarı (I), sulama sayısı (N) ve Ya/ym değerlerinden yararlanılarak hesaplanan gerçek verim (Ya) değerleri verilmiştir. Örnek olarak soğan için bulunan değerler incelenirse, S₂ kısıtı için elde edilen mevsimlik (M-S₂) ve mevsim içi (MY1-S₂ ve MY3-S₂) kısıtlar için elde edilen mevsimlik sulama suyu miktarlarının optimum sulama için bulunan 284 mm'nin %75'i olan 213 mm'ye çok yakın olduğu (210.6, 211.3 ve 210.6 mm), ancak sulama sayılarının biraz farklılık gösterdiği S₃ ve S₄ kısıtları için ise mevsim içi kısıt yapmanın mümkün olmadığı görülecektir.

Tüm bitki-su miktarı için hesaplanan ve Çizelge 4'de verilen brüt kar değerleri incelendiğinde ise, 1995 yılı fiyatları itibarıyla yeterli sulama suyu koşullarında 25.23 x 10⁶ TL'da ile domatesin en karlı bitki olduğu, bunu 13.26 x 10⁶ TL'da ile soğanın izlediği görülecektir.

Kısıtlı su uygulanan konulara ilişkin brüt kar değerlerinin uygulanan su miktarının azalması ile düştüğü saptanmıştır.

Mevsimlik ve mevsim içi kısıtların işletme bazında karşılaştırılmasındaki iki yaklaşım ile farklı su kapasiteleri için oluşturulan modellerin çözümü sonucunda elde edilen optimum bitki desenlerine ilişkin sonuçlar Çizelge 5'de verilmiştir. Çizelgede verilen optimum bitki desenlerine ilişkin sonuçlar incelendiğinde, yeterli su kapasitesine sahip bir işletme için optimum bitki deseninde 38.82 da SBUĞDAY-S₁ (sulu buğday, optimum sulama), 90.45 da SARPA-S₁(sulu arpa, optimum sulama), 6.40 da SOĞAN-S₁ (soğan, optimum sulama), 45.23 da DOMATES-S₁ (domates, optimum sulama), 129.27 da SOĞAN-II-S₁ (soğan II. ürün, optimum sulama) yer almaktadır. Doğrusal programlama modelinde, II. ürün için maksimum ekiliş alanına ilişkin bir kısıt verilmediğinden, buğday ve arpa ekilen alanın tümünde II. ürün soğan ekilmesi şeklinde bir sonuç elde edilmiştir.

Mevsimlik kısıtların yapıldığı sulama programlarına ilişkin sonuçların kullanıldığı A yaklaşımında %80 su kapasitesine ilişkin işletme (K₂) için elde edilen sonuçlar

Çizelge 2. Araştırmada kullanılan işletme su kaynağı kapasitesi seçenekleri

Simge	Oran	Açıklama
K1	%100	Yeterli kapasiteye sahip işletme
K2	%80	Yeterli kapasitenin %80'ine sahip olan işletme
K3	%60	Yeterli kapasitenin %60'ına sahip olan işletme
K4	%40	Yeterli kapasitenin %40'ına sahip olan işletme
K5	%20	Yeterli kapasitenin %20'ine sahip olan işletme
K6	%0	Kuru tarım işletmesi

Çizelge 3. Bitkilerin yeterli ve kısıtlı su koşullarında mevsimlik su miktarı, sulama suyu ve gerçek verim değerleri

Bitki-su miktarı kombinasyonu	Mevsimlik sulama suyu miktarı I (mm)	Sulama sayısı N	Gerçek verim Ya (kg/da)	Bitki-su miktarı kombinasyonu	Mevsimlik sulama suyu miktarı I (mm)	Sulama sayısı N	Gerçek verim Ya (kg/da)
SBUĞDAY-S1	226.2	3	352	SOĞAN-S1	284.0	11	2300
M-S2	176.6	2	320	M-S2	210.6	6	1863
M-S3	110.2	1	285	M-S3	142.2	4	1495
M-S4	54.3	1	246	M-S4	78.1	2	1058
MY2-S2	176.5	2	276	MY1-S2	211.3	8	1895
MY3-S2	176.4	2	314	MY3-S2	210.6	7	1810
SARPA-S1	179.3	2	400	DOMATES-S1	715.1	14	4500
M-S2	135.3	2	376	M-S2	526.2	6	3690
M-S3	92.9	1	340	M-S3	391.5	4	2925
M-S4	51.0	1	308	MY3-S2	525.6	8	3758
MY2-S2	135.7	2	324	MY3-S3	391.9	7	2871
MY3-S3	134.9	2	356	SOĞAN-II-S1	261.9	9	2300
MY3-S3	93.7	2	301	M-S2	201.4	6	1017
				M-S3	137.9	4	1196
				KBUĞDAY	-	-	216
				KARPA	-	-	242

Çizelge 4. Brüt kar değerleri (10^6 TL /da)

Bitki-su miktarı kombinasyonu	Brüt kar değeri (10^6 xTL/da)	Bitki-su miktarı kombinasyonu	Brüt kar değeri (10^6 xTL/da)
SBUĞDAY-S1	0.95	SOĞAN-S1	13.26
M-S2	0.84	M-S2	9.92
M-S3	0.75	M-S3	7.11
M-S4	0.60	M-S4	3.35
MY2-S2	0.56	SOĞAN-MY1-S2	10.17
MY3-S2	0.80	MY3-S2	9.49
SARPA-S1	0.91	DOMATES-S1	25.23
M-S2	0.88	M-S2	20.00
M-S3	0.78	M-S3	14.97
M-S4	0.70	MY3-S2	20.47
MY2-S2	0.61	MY3-S3	14.59
MY3-S3	0.78	SOĞAN-II-S1	13.30
MY3-S3	0.58	M-S2	9.57
KBUĞDAY	0.43	M-S3	4.73
KARPA	0.39		

Çizelge 5. Optimum bitki deseninde ekim alanı değerleri (da)

Değişken no	Bitki-su miktarı kombinasyonu	Yeterli su K1 (%100)	B Yaklaşımı (Mevsimlik ve mevsim içi kısıt)				A Yaklaşımı (Mevsimlik kısıt)				
			K2 (%80)	K3 (%60)	K4 (%40)	K5 (%20)	K2 (%80)	K3 (%60)	K4 (%40)	K5 (%20)	K6 (%)
X1	SBUĞDAY-S1	38.82									
X2	M-S2										
X3	M-S3		24.59				24.59				
X4	M-S4										
X5	MY2-S2					12.36					
X6	MY3-S3										
X7	SARPA-S1	90.45	90.10	51.86			90.10	51.86			
X8	M-S2				31.35	11.81			30.85	14.71	
X9	M-S3		0.35	38.59	9.90		0.35	38.59	10.60		
X10	M-S4				49.20	28.49			49.00	31.04	
X11	MY2-S2										
X12	MY3-S2										
X13	MY3-S3										
X14	SOĞAN-S1	6.40	20.63	45.22	50.12	21.67	20.63	45.22	54.21	32.58	
X15	M-S2										
X16	M-S3					1.93					
X17	M-S4									1.38	
X18	MY1-S2										
X19	MY3-S2					15.39					
X20	DOMATES-S1	45.23	45.23	28.09			45.23	45.23	36.24	15.77	
X21	M-S2										
X22	M-S3									2.02	
X23	MY3-S2			17.14	34.33	17.16					
X24	MY3-S3										
X25	SOĞAN-II-S1	129.27	115.04	90.45	73.69	36.84	115.04	78.20	47.78	25.57	
X26	M-S2										
X27	M-S3										
X28	KBUĞDAY					36.04				41.70	90.45
X29	KARPA										
X30	NADAS					36.04				41.70	90.45
X31	İŞGÜCÜ D1	-	373	1285	1444	-	373	1285	1405	-	-
X32	TEMİNİ D2	7651	7908	8130	6762	2525	7908	7854	6234	2181	-
X33	D3	6555	5736	4322	2908	47	5736	3627	1521	-	-
Sulu bitkiler toplam alanı (da)		180.9	180.9	180.9	180.9	180.9	180.9	180.9	180.9	97.50	-
İkinci ürün toplam alanı (da)		129.27	115.04	90.45	73.69	36.84	115.04	78.20	47.78	25.27	-
Kuru bitkiler-nadas toplam alanı (da)		-	-	-	-	72.08	-	-	-	83.40	180.9
İşletme geliri-Zmax-(10 ⁹ TL)		2.50	2.49	2.41	2.02	1.26	2.49	2.35	1.97	1.17	0.04
Su kaynağı kapasitesi (m ³ /10 gün)		12655	10124	7593	5062	2531	10124	7593	5062	2531	-

incelendiğinde, optimum bitki desenindeki SBUĞDAY-S1 yerine SBUĞDAY-M-S3 (sulu buğday, mevsimlik kısıt, %50 su uygulaması) bitkisinin yer aldığı ve ekim alanının azaldığı (24.59 da), SARPA-S1'in 90.10 da, SARPA-M-S3'ün 0.35 da olduğu, DOMATES-S1'in aynı kaldığı (45.23 da), II ürün soğan alanının ise bir miktar (14.23 da) azaldığı görülmektedir. İşletme su kapasitesi azaldıkça soğan, domates ve II. ürün soğan yine optimum sulama seçeneği olarak kalırken buğday desenden çıkmış, arpanın ise sadece mevsimlik su kısıtı seçenekleri kalmıştır. Yeterli kapasitenin %20'sine sahip olan işletmede ise bitki desenine buğday girerken soğan ve domates için bir miktar kısıntılı sulama yapılması gerekli olmasının yanında diğer tüm koşullarda 180.9 da olan sulu bitkiler toplamı bu koşulda 97.50 da olmuştur.

Mevsimlik ve mevsim içi kısıtların birlikte ele alındığı B yaklaşımında yeterli kapasitenin %80'ine sahip olan

işletmede her iki yaklaşımda da $2.49 * 10^9$ TL gelir elde edilmesi bu koşuldaki işletmede mevsimlik kısıt yapılması yerine mevsimlik ve mevsim içi kısıtların birlikte yapılmasının optimum bitki deseni yanında işletme gelirlerini etkilemediğini göstermektedir. Daha kısıtlı su kapasitesine sahip olan K3, K4 ve K5 işletmeleri için elde edilen işletme geliri değerlerine bakıldığında ise B yaklaşımında elde edilen gelirlerin A yaklaşımında elde edilen gelirlere oranla daha fazla olduğu görülmektedir. Mevsim içi kısıtların yapılması ile K3 işletmesinin işletme gelirinde $0.06 * 10^9$ TL (%2.6), K4 işletmesinin gelirinde $0.05 * 10^9$ TL (%2.5), K5 işletmesinin gelirinde ise $0.09 * 10^9$ TL (%8.0) artış olduğu saptanmıştır. Bu sonuçlar, su kaynağı yetersiz olan bir işletmede mevsim içi kısıt yapılan sulama programlarının kullanılması ile sadece mevsimlik kısıtın yapıldığı sulama programlarının kullanıldığı koşullara göre işletme gelirinde %8'e varan artış elde edilebileceğini göstermektedir.

Sonuç

Araştırmada Ankara ile Beypazarı ilçesindeki 180.9 da tarım alanına sahip, sulu koşullarda 5 ve kuru koşullarda 2 olmak üzere toplam 7 bitkinin yetiştirildiği bir işletme ele alınmıştır. Bitkiler için yeterli ve kısıtlı sulama suyu koşullarında mevsimlik ve mevsim içi kısıtlamaların yapıldığı esas alınarak sulama programları geliştirilmiştir. mevsimlik ve mevsim içi kısıtlamaların işletme bazında karşılaştırılabilmesi için doğrusal programlama tekniği kullanılarak yeterli ve kısıtlı sulama suyu koşullarında optimum bitki desenleri ve işletme gelirleri elde edilmiştir. Bulunan sonuçlar, suyun kısıtlı olduğu yörelerde mevcut su ile olabildiğince fazla alanın sulanması için kısıtlı sulama uygulamasının mutlak gerekli olduğunu göstermektedir. Benzer çalışmaların diğer yörelerde tekrarlanması ile her yöre ve bitki deseni için kısıtlı sulamada ne tür kısıt yapılması gerektiği belirgin şekilde ortaya konabilir.

Kaynaklar

- Benli, E. ve Z. Erözal, 1980. **Sulama alanlarında sistem yaklaşımı ile optimum bitki deseninin belirlenmesi üzerinde bir araştırma**. A.Ü. Ziraat Fakültesi yayınları: 749, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 438, Ankara, 16 s.
- Botes, J.H.F., D.J. Bosch and L.K. Dosthuizen, 1996. **Simulation and optimization approach for evaluating irrigation information**. Agricultural Systems, 51 (2): 165-183.
- Dernek, Z. ve G. Erdem, 1993. **Ankara ili Beypazarı ilçesi tarım işletmelerinde en uygun ürün deseni ve yeter gelirlili işletme büyüklüğü**. Köy Hizmetleri Gn. Md. Ankara Araş. Ens. Md. Yayınları: 186/93, Ankara 119 s.
- Doorenbos, J. ve A.H. Kassam, 1979. **Yield Response to Water**. FAO Irrigation and Drainage Paper no: 33, Rome, 193 s.
- Doorenbos, J. ve W.O. Pruitt, 1977. **Guidelines for Predicting Crop Water Requirements** FAO Irrigation and Drainage Paper No:24, Rome, 144 s.
- English, M., M.Glenn and J. van Sickle, 1981. **Scheduling for optimum water use**. Irrigation Scheduling For Water and Energy Conservation In The 80's, Chicago Illinois, p.61-72.
- English, M., L. James and C.F. Chen, 1990. **Deficit irrigation II: Observations in Colombia basin**, J. of Irr. and Drain. Engrg., 116(3): 413-426.
- English, M., J.T. Musick and V.V.N. Murty, 1992. **Deficit irrigation. Management of Irrigation Systems**, Edited by G.J. Hoffmann, T.A. Howell and K.H. Solomon. ASAE Monograph Number 9, St. Joseph, Michigan, p. 629-663.
- Kabakçı, H., 1996. **Bitki su tüketiminin tahmininde kullanılan bazı parametrelerin türkiye koşullarında belirlenmesi**. Doktora Tezi, A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim dalı, 71 s.
- Karayalçın, Y.Y., 1993. **Yöneylem Araştırması, Hareket Araştırması, Operations Research, Kantitatif Planlama ve Karar Verme Yöntemleri**. Genişletilmiş 3. Baskı, Menteş Kitabevi, İstanbul, 668 s.
- Kodal, S., 1996. **Ankara-Beypazarı Ekolojisinde Yeterli ve Kısıtlı Su Koşullarında Sulama Programlanması, İşletme Optimizasyonu ve Optimum Su Dağıtımı**. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 1465, Bilimsel Araştırma ve İncelemeler: 807, Ankara, 69 s.
- Kodal, S., Y.E. Yıldırım ve N.Dağdelen, 1993. **Tarımsal kuraklık ve sulama ihtiyacı. Kuraklık ve Sulama Sempozyumu**, TZOB Yayın No:172, Ankara, s.23-49.
- Lamacq, S., P.L. Gal, E. Bautista and A.J. Clemmens, 1996. **Farmer irrigation scheduling: A case study in Arizona. Evapotranspiration and Irrigation Scheduling Proceedings of the ASAE International Conference**, San Antonio, Texas, p. 97-102.
- Larson, J.A., 1981. **Economic analysis of alternative irrigation scheduling methods**. Ph. D. Thesis, The Graduate College of the University of Nebraska, Uncola, Nebraska, 150 p.
- Martin, D.L., D.G. Watts and J.R. Gilley, 1984. **Model and production function for irrigation management**. J.Irr. and Drain Engrg., 110(2):149-164.
- Martin, D.L., J. van Brocklin and G.Wilmes, 1989. **Operating rules for deficit irrigation management**. Transactions of the ASAE, 32(4):1207-1215.
- Mjelde, J.W., R.D. Lacewell, H.Talpaz and C.R. Taylor, 1992. **Economics of irrigation management. Management of Farm Irrigation Systems**, Edited by G.J. hoffmann, T.A. Howell and K.H. Solomon, ASAE Monograph Number 9, St. Joseph, Michigan, p.459-493.
- Raes, D., H.Lemmens, P. van Aelst, M.Vanden Blucke ve M. Smith, 1988. **IRSI Irrigation Scheduling Information System**. Reference Manuel 3. Faculty of Agricultural Science, Katholieke Universiteit Leuven, Belgium.
- Yaron, D. and E. Bresler, 1983. **Economic analysis of on-farm irrigation using response functions of crops**. Advances in Irrigation, Volume 2, Edited by D. Hillel, Academic Press, U.S.A., p.223-255.
- Yıldırım, O., S.Kodal, M.F. Selenay ve Y.E. Yıldırım, 1995. **Kısıtlı sulamanın mısır verimine etkisi**. 5. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, Kültürteknik Derneği, Ankara, s.347-365.