



Su ve Tuzluluk Stresinin Mürdümük'te (*Lathyrus sativus* L.) Bitki Büyüme, Gelişme, Verim ve Su Tüketimi Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi (*)

Sevda SAFİ¹ Hüseyin ŞİMŞEK^{2*} Ali ÜNLÜKARA³

¹ Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Samsun

² Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Tokat

³ Erciyes Üniversitesi, Seyrani Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kayseri

*e-mail: huseyin.simsek@gop.edu.tr

Alındığı tarih (Received): 31.01.2013

Kabul tarihi (Accepted): 29.03.2013

Online baskı tarihi (Printed Online): 13.06.2013

Yazılı baskı tarihi (Printed): 08.07.2013

Özet: Bu çalışma farklı su ve tuzluluk stresinin mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) bitkisinin büyüme, gelişme, verim ve su tüketimi üzerine etkilerini araştırmak amacıyla serada yürütülmüştür. Deneme, sulama rejimi ve tuzluluk olmak üzere iki kısımdan oluşmaktadır. Denemenin tuzluluk kısmında bitkiler beş farklı sulama suyu tuzluluğuna ($T_0 = 0,65$; $T_1 = 2,0$; $T_2 = 4,0$; $T_3 = 6,0$ ve $T_4 = 8,0$ dS/m) tabi tutulmuştur. Denemenin sulama rejimi kısmında ise S_0 , S_1 , S_2 ve S_3 konularına tüketilen suyun sırasıyla % 125'i, % 100'ü, % 75'i ve % 50'si uygulanmıştır. Her konu için ayrılan 8 saksının yarısında mürdümük yeşil ot aşamasında diğer yarısı ise tohum aşamasında hasat edilmiştir. Bitki su tüketimi saksıların tartımı yoluyla belirlenmiştir. Tesadüf parselleri deseninde yürütülen denemede her konu dört kez tekrarlanmıştır. Aşırı su uygulamaları (% 125 konusu), verimde önemli düşüslere neden olmaz iken su kullanım etkinliğini ve bin tohum ağırlığını düşürmüştür. Kuru ot verimi açısından mürdümüğün kuraklığa karşı ne toleranslı ne de duyarlı olduğu fakat tohum verimi açısından ise son derece toleranslı olduğu belirlenmiştir. Tuzluluğu 2 dS/m'den daha düşük sular, bitki verimi üzerine olumlu etkide bulunmuştur. Kuru ot veriminin 3.06 dS/m eşik toprak tuzluluğundan sonra % 8,24 oranında azaldığı, tohum veriminin ise 2,78 dS/m eşik tuzluluğundan sonra % 10,3 oranında verim kaybettiği belirlenmiştir. Artan tuzlulukla birlikte bitki su tüketimi önemli şekilde azalmıştır. Tohum verimi açısından su kullanma etkinliğinin önemli derecede düşmesi nedeniyle özellikle suyun kısıtlı olduğu yerlerde mürdümüğün kaba yem ihtiyacının giderilmesi için yetiştirilmesi önerilmektedir.

Anahtar kelimeler: Bitki su tüketimi, mürdümük (*Lathyrus sativus* L.), su kısıtı, tuzluluk

Determining the effects of water and salinity stress on plant growth, development, yield and water consumption in grasspea (*Lathyrus sativus* L.)

Abstract: This study has been carried out in a greenhouse to investigate effects of different water and salinity stress on the growth, development, yield, water consumption of grasspea (*Lathyrus sativus* L.) plant. The experiment consists of two parts, as irrigation regime and salinity. In the salinity part of the experiment, the grasspea were exposed to five different water salinity levels ($T_0 = 0.65$, $T_1 = 2.0$, $T_2 = 4.0$, $T_3 = 6.0$ and $T_4 = 8.0$ dS/m). Applications of 125%, 100%, 75% and 50% of depleted water from field capacity were S_0 , S_1 , S_2 , and S_3 irrigation regime treatments of the experiment, respectively. In the one half of 8 pot- treatments, the harvest carried out at flowering stage as a fresh hay while the harvest of another half of the treatments carried out at seed stage. Plant water depletions were monitored by weighing the pots. Each treatment of the experiment conducted completely randomized plot design with four replications. Excess water application (125 % treatment) decreased water use efficiency and hectoliter weight while it doesn't cause significant decreases both dry hay weight and seed yield. It is concluded that grasspea is neither tolerant against water deficit nor sensitive for hay production but it is more tolerant to drought for seed production. Saline irrigation water less than 2 dS/m positively contributed grasspea both seed and hay yield. It is determined that dry hay weight decreased at 8.24% after 3.06 dS/m threshold soil salinity and seed yield decreased at 10.3% after 2.78 threshold soil salinity. Plant water consumption is depressed with increasing soil salinity. Grasspea production for roughage in the area where has limited water sources is offered due to lower water use efficiency for seed production.

Keywords: Grasspea (*Lathyrus sativus* L.), plant water consumption, salinity, water deficit

(*): Bu çalışma, Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonu tarafından 2011/74 no.lu proje olarak desteklenen yüksek lisans tezinin bir bölümüdür.

1. Giriş

Tarımsal üretim alanlarında tuzluluk ve su noksanlığı, toprakların verimliliğini olumsuz yönde etkileyen, bitkisel verimi sınırlandıran önemli problemlerdir. Yerküre yüzeyinin yaklaşık 134 milyon km²'sini karalar kaplamaktadır. Bu karaların yaklaşık 70 milyon km²'si işlenebilir olmasına karşın tarım yapılan yalnızca 15 milyon km² kadar alan bulunmaktadır (Massoud 1981). Tarımda kullanılan alanların yaklaşık 3,4 milyon km²'si (% 23) tuzlu ve bir diğer 5,6 milyon km²'si (% 37) sodiktir. Tuzdan etkilenmiş topraklar toplam işlenebilir arazinin yaklaşık % 13'üne karşılık gelmekte ve yaklaşık 100 ülkede tuzluluk problemi olduğu rapor edilmektedir (Hoffman ve Shalhevet 2007). Türkiye'de ise 1,97 milyon hektar alanda drenaj ve 0,84 milyon hektar alanda tuzluluk problemi bulunmaktadır (Yıldız ve Özbay 2009).

Geçmişte tuzlu sular doğrudan nehirlere ve su rezervuarlarına boşaltılırdı. Günümüzde iyi kaliteli suya artan talep nedeniyle bu tuzlu drenaj suları ya göllendirilerek buharlaştırılmakta veya fizibil olduğu yerlerde ayrı drenaj kanalları vasıtasıyla denizlere veya okyanuslara taşınmaktadır. Bazı yerlerde drenaj sularının yüzey su kaynaklarına boşaltılması yasaklanmıştır. Bu nedenle tuzlu drenaj suları proje alanında tüketilmek zorundadır (Bucks ve ark. 1992). Tuzlu suların sulamada kullanılması toprak tuzluluğunu artıracaktır. Buna karşın tuzlu drenaj sularının yeniden kullanılması ve atık suların sulama amaçlı arıtılması birçok avantaj sağlamaktadır. Bu atık suların tatlı su yerine kullanılması su tasarrufu sağlamakta, atık su arıtım maliyetlerini azaltmakta, atık suların tarımsal alanlarda kullanılmasıyla akarsu ve göllerin kirlenmesi azaltılmaktadır. Sulama için tuzlu drenaj sularının yeniden kullanılması büyük bir potansiyel arz etmektedir. Tuzlu sular ve kaliteli sular rotasyonla tuzluluğa toleranslı ve duyarlı bitkilerin sulanmasında kullanılabilir. Tuzluluğa toleranslı bitkiler için tuzlu sular bir su kaynağı olabilmektedir (Bucks ve ark. 1992).

Tuzlu topraklarda ve tuzlu su kaynaklarının kullanılması gerektiği yerlerde verim kayıplarını

en aza indirmek için tuzluluğa dayanıklı bitkiler yetiştirilmelidir. Yüksek oranda çözülebilen tuz içeren ortamlarda bitkilerin büyüebilme ve kabul edilebilir düzeyde verim vererek hayat devresini tamamlayabilme kabiliyeti şeklinde tanımlayabileceğimiz tuz toleransı, bitkide farklı şekillerde kendini göstermektedir. Her bitkinin tuzluluğa gösterdiği tepki farklıdır. Ancak bütün kültür bitkilerinde, bitki türüne göre değişmekle birlikte belirli bir tuzluluk düzeyinden sonra verimde kararlı bir azalma görülür (Maas ve Hoffman 1977). Her bitki bir eşik tuzluluk düzeyine kadar verim kaybetmez iken söz konusu eşik değeri aşıldıktan sonra birim tuzluluk artışına paralel olarak verimde doğrusal bir azalma göstermektedir.

Dünyada ciddi bir iklim değişikliği yaşanmakta ve iklim bilimciler ülkemizin de içinde bulunduğu geniş alanlarda kuraklık tehlikesine işaret etmektedir. Türkiye'de 4,5-5 milyon ha kadar tarım arazisine yıllık 400 mm'nin altında yağış düşmektedir. Türkiye'de yenilenebilir su kaynaklarının tamamı geliştirilerek sulamada kullanılsa bile tarım alanlarının tamamının sulanmasına yetmemektedir. Bundan dolayı tarım alanlarımızın önemli bir kısmında kuru tarımın yapılması zorunludur. Ayrıca dünyada ve ülkemizde zaman zaman kurak periyotlar yaşanmakta ve bu dönemlerde tarımsal üretimde önemli oranda verim kayıpları oluşmaktadır. Bu nedenle kurak dönemlerde ve kurak alanlarda kuraklığa dayanıklı bitkilerin kullanılması kuraklığa karşı alınacak önlemler arasında bulunmaktadır.

Mürdümük bitkisinin kuraklığa ve tuzluluğa karşı tepkilerini belirleyebilmek için bazı araştırmalar yürütülmüştür. Mahdavi ve Sanav (2007), dört farklı tuz konsantrasyonunun (0,0; 6,0; 1,0; 18,0 dS/m) dört farklı mürdümük çeşidinde (ardabil, sharekord, mashhad ve zanjan), tohum çimlenme yüzdesi, prolin konsantrasyonu, malondialdehit (MDA), çimlenme indeksi, radikula ve hipokotil uzunluğu ve ağırlığına etkilerini incelemişlerdir. Sharekord ve ardabil çeşitleri sırasıyla tuzluluk stresine en toleranslı ve en hassas çeşitler olarak

belirlenmiştir. Geren ve ark. (2011) ise farklı tuz konsantrasyonlarında (0; 50; 100; 150 mMol NaCl) ve mikoriza (*Acaulospora boreticulata*) uygulanan Kıbrıs mürdümüğü (*Lathyrus ochrus*) bitkisinde ortaya çıkabilecek tarımsal ve fizyolojik özellikleri incelemek amacıyla yürüttükleri çalışmada, kuru madde verimi, yaş kök verimi, yaprakta klorofil a-b ve prolin içeriği ile zar dayanıklılığı gibi özellikleri incelemişlerdir. Sonuçlara göre; artan tuz dozlarının kontrol uygulamasına göre yukarıdaki özelliklerin tümünü olumsuz etkilediği belirlenmiştir. Mikorizanın *Lathyrus ochrus* bitkisinin fizyolojik yapılarına olumlu katkıları saptanmış, mikorizal birliktelik gerçekleştirilen bitkiler, uygulanmayan bitkilere göre, farklı düzeylerde tuz stresine maruz kaldıklarında daha iyi performans sergilemişlerdir. Mürdümük türleri kurak bölgeler başta olmak üzere çok farklı ekolojilere uyum sağlamaktadır. Başaran ve ark. (2007) tarafından düşük yağış alan bölgeler için özellikle ülkemizde mürdümüğün verim ve beslenme kalitesi ile uygun bir dane baklagil yem bitkisi veya yeşil gübre bitkisi olabileceği belirtilmiştir.

Yürütülen bu çalışmada farklı tuz ve su stresinin, Mürdümüğün (*Lathyrus sativus* L.) bitki büyüme, gelişme, verim, su tüketimi ve toprak tuzluluğu üzerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bitkilerin tuzluluğa karşı toleransının ifade edilmesinde yaygın şekilde kullanılan Maas ve Hoffman (1977) modeli mürdümük için elde edilerek tuzluluk eşik değeri ve verim kayıp oranı belirlenmeye çalışılmıştır. Ayrıca yaygın şekilde bitkilerin su stresine karşı tolerans derecelerinin pratik bir göstergesi olarak kullanılan verim tepki etmeninin belirlenmesi hedeflenmiştir.

2. Materyal ve Metot

Bu çalışma su stresi ve tuzluluk stresinin mürdümükte (*Lathyrus sativus* L.) büyüme, gelişme, verim ve su tüketimine etkilerinin belirlenmesi amacıyla Gaziosmanpaşa Üniversitesi Taşlıçiftlik Kampüsü'nde 25.04.2011 ile 20.07.2011 tarihleri arasında yürütülmüştür. Denemede 531 hat no.lu yaygın mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) tohumları kullanılmıştır.

Deneme sulama rejimi ve tuzluluk olmak üzere iki kısma ayrılmıştır. Uygulanacak farklı sulama dozları ile su stresi oluşturulabilmesi ve tuzlu su uygulamaları sonucu toprakta oluşacak tuzluluğun yağışlar ile yıkanmasının engellenebilmesi için çalışmanın sera içerisinde yürütülmesi gerekliliği nedeniyle araştırmada kampüs içerisinde bulunan çelik konstrüksiyonlu bir cam sera kullanılmıştır. Çatı mahyasında ve yan duvarlarda bulunan doğal havalandırma pencereleri ile havalandırılan Venlo tipi serada ısıtma sistemleri bulunmamaktadır. Kuzey-Güney yönünde kurulan seranın taban alanı 133 m² (13,30 m x 10,00 m) olup mahya yüksekliği 3,65 m'dir.

Tarla kapasitesi nem düzeyinden itibaren bitkilerin tükettiği su miktarları saksıların tartımı yoluyla belirlenmiştir. Denemenin sulama rejimi kısmında su stresi konularında su stresi oluşturmak için sulamalar esnasında tüketilen su miktarlarında belirli oranlarda kesintiler yapılmıştır. Sulama rejimi denemesi 4 konudan ibaret olup her sulamada tüketilen suyun S₀ konusuna % 125'i, S₁ konusuna % 100'ü (kontrol), S₂ konusuna % 75'i ve S₃ konusuna % 50'si uygulanmıştır. Denemenin tuzluluk kısmında tuz stresini oluşturmak için ise T₀, T₁, T₂, T₃ ve T₄ konularına sırasıyla 0,65 dS/m (kontrol), 2,0 dS/m, 4,0 dS/m, 6,0 dS/m, 8,0 dS/m tuzluluk düzeylerinde 5 farklı sulama suyu uygulanmıştır (Çizelge 1). Denemede tuzlu suları hazırlamak için NaCl, CaCl₂ ve MgSO₄ tuzları kullanılmıştır. Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) 5 civarında tutulacak şekilde her bir tuzdan eklenecek miktar hesaplanmış ve konulara göre hazırlanan tuzlu suların elektriksel iletkenliği kontrol edilerek ayarlandıktan sonra sulama suyu olarak kullanıma hazır hale getirilmiştir. Tuzlu sular ağzı kapalı plastik kaplarda saklanmıştır.

Araştırma tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olacak şekilde düzenlenmiştir. Mürdümüğün yaş ot verimi ve tohum verimi açısından su ve tuzluluk stresine karşı tepkisini belirleyebilmek amacıyla her bir su stresi ve tuzluluk konuları için 8 saksı kullanılmıştır. Saksılardan 4'ü yaş ot değerlendirmesine diğer 4'ü de tohum değerlendirmesine ayrılmıştır. Her saksıda 8 adet bitki bulunmaktadır.

Çizelge 1. Tuzluluk ve sulama rejimi denemelerinde konular ve sembolleri**Table 1.** The treatments of the salinity and irrigation regime experiments and their abbreviations

Tuzluluk Denemesi		Sulama Rejimi Denemesi	
Uygulamalar	EC _i (dS/m)	Uygulamalar	Su uygulama yüzdesi (%)
T ₀ *	0,65	S ₀ *	125
T ₁	2,0	S ₁	100
T ₂	4,0	S ₂	75
T ₃	6,0	S ₃	50
T ₄	8,0		

EC_i : Sulama suyu elektriksel iletkenliği
 * : Tuzluluk denemesindeki T₀ konusu ile sulama rejimindeki S₀ konusu aynıdır.

Çizelge 2. Saksı topraklarının bazı fiziksel özellikleri**Table 2.** Some physical properties of soil in the pots

pH	EC (dS/m)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Bünye Sınıfı	Hacim Ağırlığı (g/cm ³)	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)
7,0	1,65	55,2	18,0	26,8	SL	1,42	13,45	9,32

Denemede kullanılan saksıların yüksekliği 34 cm, çapı 35 cm olup 40 kg hava kurusu toprak içermektedir. Denemede toplam 64 adet saksı kullanılmıştır. Saksı topraklarının sulama yönünden önemli bazı fiziksel özellikleri Çizelge 2’de özetlenmiştir.

29 Nisan 2011 tarihinde her bir saksıya 20 şer adet tohum ekimi yapılmıştır. Tohumların çimlenmesinden sonra her saksıda 8 adet bitki kalacak şekilde seyreltme yapılmıştır. Ekimden hemen önce azot gereksinimini karşılamak amacıyla 100 kg ha⁻¹ DAP gübresi verilmiştir. Saksılara ekilen mürdümük tohumları çimlenip 5-6 cm oluncaya kadar su ve tuzluluk stresine maruz bırakılmamıştır. Bitki çıkışının sağlandığı bu noktadan sonra deneme konularına göre uygulamalara başlanmıştır.

Tartılı lizimetlerde olduğu gibi bu saksılar tartılarak bitki su tüketimi takip edilmiş ve sulama uygulamaları yapılmıştır. Sulamalardan sonra saksıdan sızan sular saksı altında bulunan 50 cm çapında plastik kaplar içerisinde toplanmış ve miktarları ölçülmüştür. Su stresi denemelerinde her sulamada saksılara verilecek sulama suyu miktarları aşağıdaki eşitlik ile hesaplanmıştır (Düzdemir ve ark. 2009; Kurunç ve ark. 2011):

$$I = \frac{W_{TK} - W_a}{\rho_w} \times \frac{P}{100} \quad (1)$$

Eşitlikte I, her sulamada uygulanacak su miktarını (litre); W_{TK}, saksıların tarla kapasitesi ağırlıklarını (kg), W_a, sulama öncesi saksı ağırlığını, ρ_w, suyun yoğunluğu (1000 g dm⁻³ veya kg lt⁻¹) ve P ise su uygulama düzeyini (%) göstermektedir. Su uygulama düzeyi S₀, S₁, S₂ ve S₃ konuları için sırasıyla % 125, % 100, % 75 ve % 50’dir.

Tuz stresi denemesinde her sulamada saksılara verilecek sulama suyu miktarları ise Ünlükara ve ark. (2008) tarafından önerilen aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır:

$$I = \frac{(W_{TK} - W_a)}{\rho_w} \cdot \frac{1}{1 - LF} \quad (2)$$

Eşitlikte; I, her sulamada uygulanacak su miktarını (litre) ve LF, yıkama oranını belirtmektedir. Her iki denemede de saksılarda bitkiler tarafından tüketilen su miktarı (ET) aşağıdaki eşitlik yardımıyla belirlenmiştir (Ünlükara ve ark. 2010).

$$ET = \frac{(W_b - W_s)}{\rho_w} + \Sigma(I - D) \quad (3)$$

Eşitlikte; W_b ve W_s sırasıyla deneme başlangıcında ve hasatta saksı ağırlığını (kg), ρ_w

suyun yoğunluğunu (1000 g dm^{-3} veya kg lt^{-1}), ΣI yetiştirme sezonu boyunca saksılara uygulanan toplam sulama suyu miktarını (litre) ve ΣD ise saksı altından çıkan toplam drenaj suyunu (litre) göstermektedir.

Mürdümüğün tuz toleransının belirlenmesinde Maas ve Hoffman (1977) tarafından geliştirilen aşağıdaki model kullanılmıştır:

$$\frac{Y_a}{Y_m} = 1 - (EC_e - EC_{e \text{ esik}}) \times \frac{b}{100} \quad (4)$$

Eşitlikte; Y_m kontrol konusundan alınan maksimum verim (g), Y_a tuzlu su uygulamalarından alınan verim, EC_e ve $EC_{e \text{ esik}}$ sırasıyla konulara ilişkin saturasyon çamuru ekstraktı elektriksel iletkenliği ve eşik toprak tuzluluğu (dS/m), ve b ise eşik tuzluluk sonrası birim tuzluluk artışı için verim kayıp oranıdır (%).

Bitkilerin su stresine karşı tepkilerinin değerlendirilmesinde kullanılan verim tepki etmeni (k_y) aşağıdaki eşitlik ile belirlenmiştir (Stewart ve Hagan 1973):

$$\frac{Y_m - Y_a}{Y_m} = k_y \frac{ET_m - ET_a}{ET_m} \quad (5)$$

Eşitlikte; Y_m kontrol konularından alınan maksimum verim (g), Y_a stres uygulanan konulardan alınan verim (g), ET_m ve ET_a ise sırasıyla kontrol konusu ve stres konularında meydana gelen su tüketimidir (litre).

Hasat edilen bitkilerde bitki boyu, yaş ot verimi, kuru ot verimi, bitki başına dolu bakla sayısı, baklada tohum sayısı, tohum verimi ve bin tohum ağırlığı Karadağ (1999)'da verilen esaslara göre belirlenmiştir. Deneme konularında hasat zamanında toprak tuzluluğunu belirlemek için saksı derinliği boyunca toprak örnekleri alınmıştır. Bu örnekler kurutulduktan sonra 2 mm göz açıklıklı elekten elenmiş ve saf su ile iyice karılarak saturasyon çamurları hazırlanmıştır. Bir gün kapalı kapta bekletilen saturasyon çamurunun vakum altında toprak suyu çıkartıldıktan sonra elektriksel iletkenliği (EC_e) ve pH değeri bir EC -pH metre ile ölçülmüştür (Ayyıldız 1990; Richard 1969). Aynı zamanda yıkama oranı (LF) ve Su Kullanım Etkinliği (WUE) de hesaplanmıştır.

Toprak bünyesi Bouyoucos (1951), hacim ağırlığı (g/cm^3) Yeşilsoy ve Güzeliş (1966), tarla kapasitesi (%) ve devamlı solma yüzdesi (%) ise Anonim'de (1954) belirtilen esaslara göre belirlenmiştir.

Denemede sonuçlarının istatistik analizinde bilgisayar programları MS Excell 7.0 ve SPSS 11.5 programlarından yararlanılmıştır. Sonuçlara Varyans analizi (Oneway anova) ve Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır.

3. Bulgular ve Tartışma

3.1. Sulama Rejiminin Etkileri

Mürdümük bitkisinin hem tohumları hem de vejetatif aksamı hayvan yemi olarak kullanıldığı için sulama rejiminin mürdümük bitkisi üzerine etkilerinin değerlendirilmesinde her iki hasat durumu dikkate alınmıştır. Sulama rejimine ait tüm sonuçlar Çizelge 3'te verilmiştir.

Yetiştirme dönemi başından yeşil ot hasat dönemine kadar konuların tükettiği su miktarları arasındaki fark önemli bulunmuş olup konulara göre bitki su tüketimi (ET) S_0 , S_1 (kontrol), S_2 ve S_3 için sırasıyla 25,3; 18,2; 16,8 ve 13,1 litre/saksı şeklindedir. Kontrol konusuna göre aşırı su uygulanan konuda (S_0) ET % 39 daha yüksek, kısıntılı sulama konularında ise S_2 ve S_3 için sırasıyla % 7,7 ve % 28,0 daha düşüktür. Bu sonuçlara göre S_2 konusu hafif ve S_3 konusu orta düzeyde su stresine maruz kalmıştır. Bitki su tüketimindeki bu farklılık kuru ot verimini önemli düzeyde etkilemiş ve orta derecede su stresi yaşayan S_3 konusundan en az düzeyde kuru ot verimi alınırken (19,5 g), diğer üç konudan ortalama 24,8 g civarında en yüksek düzeyde verim alınmıştır.

Kullanılan birim su miktarına karşılık üretilen kuru ot verimi yani su kullanım etkinliği (WUE), sulama uygulamalarından önemli derecede etkilenmiştir ($P < 0,01$). Kısıntılı sulama uygulamalarında WUE daha yüksek olmakla birlikte kontrol konusu ve su kısıdı konularından en yüksek WUE elde edilmiştir. Buna karşın S_0 konusunda olduğu gibi mürdümüğe aşırı su uygulanması WUE değerini önemli oranda düşürmüştür. Mürdümüğe, tarla kapasitesine göre tükettiği sudan daha fazla miktarda su

uygulanması, kuru ot veriminde önemli düzeyde kayıplara yol açmamıştır. Bir baklagil yem bitkisi olan mürdümüğe aşırı su uygulanmasıyla bir yandan topraktaki azot yıkanırken diğer yandan bitki köklerinde bulunan bakterilerce havanın azotunun toprağa bağlanıyor olmasından dolayı verim kayıpları engellenmiş olabilir. Buna karşılık aşırı su uygulanmasıyla birlikte toprak yüzeyinin daha uzun süre ıslak kalması, evaporasyon kayıplarını ve dolayısıyla bitki su tüketimini artırmıştır. Bu nedenle aşırı su uygulamaları su kullanım etkinliğini (WUE) önemli düzeyde düşürebilmektedir.

Yeşil ot hasadı açısından çeşitli sulama uygulamaları toprak tuzluluğu (EC_e) ve bitki boyunu önemli düzeyde etkilememiş fakat toprak reaksiyonu, sulama uygulamalarından etkilenmiştir. EC_e değerleri 1,54-2,12 dS/m arasında değişim göstermiştir. Bitki boyu 65,3-54,2 cm arasında değişim göstermiş olup ortalama bitki boyu 60,3 cm belirlenmiştir. Aşırı ve eksik su uygulanan konularda (S_0 ve S_3) toprak pH değeri daha yüksek (7,98-7,70) iken bitki su ihtiyacının tam olarak ve hafif eksik şekilde karşılandığı konularda pH değeri daha düşüktür (7,55-7,63).

Denemenin tohum hasadına kadar sürdürüldüğü kısımda bitkiler tarafından tüketilen su miktarı (ET) S_0 , S_1 (kontrol), S_2 ve S_3 konuları için sırasıyla 41,3; 30,0; 23,9 ve 16,0 litre/saksı şeklinde gerçekleşmiş olup konular arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0,01$). Kontrol konusuna göre aşırı su uygulanan S_0 konusunda % 38 oranında daha fazla su tüketilmiş olmasına karşılık su kısıtı yapılan S_2 ve S_3 konularında sırasıyla % 20 ve % 47 oranında daha az su tüketilmiştir. Bu sonuçlara göre tohum hasadına gidilen S_2 ve S_3 konularında bitkiler orta ve şiddetli düzeyde su stresi yaşamıştır. Bu şekilde bir uygulama sonucunda en az verim, şiddetli su uygulanan S_3 konusundan elde edilmesine karşın diğer konular ile arasındaki fark önemli bulunmamıştır. Her bir saksıdan ortalama 10,4 g tohum verimi alınmıştır. Sulama rejimi tohum verimi üzerine etkili olmamasına karşılık bin tohum ağırlığı üzerine etkili olmuş ve en düşük bin tohum ağırlığı 77,4 g

ile S_0 konusunda belirlenmiştir. Kısıntılı sulama uygulamaları bin tohum ağırlığında bir miktar artışa neden olmasına karşılık bu artış kontrol konusundan önemli düzeyde daha yüksek bulunmamıştır.

Tohum verimi açısından su kullanım etkinliğindeki farklılık, konular arasında önemli bulunmuş olup kısıt konularında WUE S_3 ve S_2 için 0,66 ve 0,52 g/l değerleri ile en yüksek, S_1 ve S_0 için 0,33 ve 0,23 değerleri ile en düşük düzeydedir. Yeşil ot üretimine göre tohum üretiminde S_0 , S_1 , S_2 ve S_3 konuları için ET sırasıyla % 63,4; % 64,9; % 42,7 ve % 22,2 oranında daha yüksektir. Su tüketimindeki bu artış, tohum verimine gidilmesiyle uzayan gelişme döneminin doğal sonucudur. Ayrıca kuru ot verimine nazaran mürdümükten alınan tohum verimi daha düşüktür. Hem su tüketiminin artması hem de daha az tohum verimi alınmasından dolayı mürdümükte tohum hasadı için su kullanım etkinliği son derece düşmüştür. Çizelge 3 ve 4'ten her iki deneme için ortalama hasat indeksinin yaklaşık % 29 olduğu belirlenmiştir. Tohum veriminin toplam toprak üstü kuru kütleyle oranı olan hasat indeksi değerinin düşük olması nedeniyle tohum üretimi için suyun etkin şekilde kullanılmayacağı anlaşılmaktadır. Tohum hasadı açısından sulama rejimi, toprak tuzluluğu, pH, bakla sayısı ve tohum sayısında önemli farklılıklara neden olmamıştır (Çizelge 3). EC_e 1,51-1,87 dS/m arasında, pH 7,73-7,80 arasında, bakla sayısı 5,7-7,2 adet/saksı arasında ve tohum sayısı 98,5-117,5 adet/saksı arasında değişim göstermiştir.

3.2. Tuzluluğun Etkileri

Mürdümük bitkisinin hem tohumları hem de vejetatif aksamı hayvan yemi olarak kullanıldığı için sulama suyu tuzluluğunun mürdümük bitkisi üzerine etkilerinin değerlendirilmesinde her iki hasat durumu dikkate alınmıştır. Tuzlu su uygulamalarına ait tüm sonuçlar Çizelge 4'te verilmiştir.

Çizelge 3. Sulama rejiminin yeşil ot hasadı ve tohum hasadı için bazı bitki büyüme parametrelerine etkisi**Table 3.** Effects of irrigation regimes on some plant growth parameters for hay and seed productions

	Yeşil ot hasadı						Tohum hasadı					
	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	Ort.	P>F	S ₀	S ₁	S ₂	S ₃	Ort.	P>F
EC _e (dS/m)	1,77	2,12	1,56	1,54	1,75	ÖD	1,87	2,08	1,90	1,51	1,84	ÖD
pH	7,98 a	7,55 b	7,63 b	7,70 ab	7,72	*	7,80	7,70	7,75	7,73	7,75	ÖD
ET (lt/saksı)	25,28 a	18,19 b	16,75 b	13,09 c	18,33	**	41,3 a	30,0 b	23,9 b	16,0 c	27,8	**
Bitki boyu (cm)	60,6	65,3	61,2	54,2	60,3	ÖD	-	-	-	-	-	-
Kuru ot verimi (g/saksı)	24,9 a	25,0 a	24,5 a	19,5 b	23,5	*	-	-	-	-	-	-
Bakla Sayısı (adet/saksı)	-	-	-	-	-	-	7,20	6,00	7,10	5,70	6,50	ÖD
Tohum sayısı (adet/saksı)	-	-	-	-	-	-	117,5	104,8	113,8	98,5	108,6	ÖD
Tohum verimi, (g/saksı)	-	-	-	-	-	-	9,02	9,99	12,08	10,50	10,40	ÖD
Bin tohum ağırlığı, (g/saksı)	-	-	-	-	-	-	77,4 b	96,3 a	107,1 a	107,6 a	97,1	**
WUE (g/lt)	1,02 b	1,38 a	1,48 a	1,49 a	1,34	**	0,23 b	0,33 b	0,52 a	0,66 a	0,44	**

* P<0,05; ** P<0,01 düzeyde önemli; ÖD önemli değil

Çizelge 4. Sulama suyu tuzluluğunun yeşil ot hasadı ve tohum hasadı için toprak tuzluluğu ve bazı bitki büyüme parametrelerine etkisi**Table 4.** Effects of irrigation water salinity on soil salinity and some plant growth parameters for hay and seed productions

	Yeşil ot hasadı							Tohum hasadı						
	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	Ortalama	P>F	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	Ortalama	P>F
EC _e (dS/m)	1,77 c	3,05 b	5,17 a	5,16 a	6,10 a	4,25	**	1,87 c	2,92 c	4,93 b	6,16 ab	6,87 a	4,55	**
pH	7,98 a	7,65 ab	7,60 b	7,55 b	7,58 b	7,67	*	7,80	7,83	7,34	7,70	7,90	7,71	ÖD
ET (lt/saksı)	25,3 a	25,5 a	20,3 b	19,6 b	17,2 b	21,6	**	41,3 a	37,0 a	26,4 b	24,6 b	21,0 b	30,1	**
LF	0,061 b	0,082 b	0,091 ab	0,120 a	0,120 a	0,095	**	0,088	0,120	0,083	0,120	0,088	0,099	ÖD
Bitki boyu (cm)	60,6 ab	71,0 a	58,9 b	54,1 b	54,3 b	59,8	*	-	-	-	-	-	-	-
Kuru ot verimi (g/saksı)	24,9 ab	25,7 a	22,2 abc	20,4 bc	19,2 c	22,5	*	-	-	-	-	-	-	-
Bakla sayısı (adet)	-	-	-	-	-	-	-	7,15	6,33	6,23	5,53	7,63	6,57	ÖD
Tohum sayısı (adet)	-	-	-	-	-	-	-	117,5	110,5	107,0	115,0	99,0	109,8	ÖD
Tohum verimi (g/saksı)	-	-	-	-	-	-	-	9,53 ab	11,03 a	8,25 ab	7,30 b	6,50 b	8,52	*
Bin tohum ağır. (g/saksı)	-	-	-	-	-	-	-	76,5 ab	85,4 a	84,7 a	76,8 ab	65,8 b	77,8	*
WUE (g/lt)	1,02	0,95	1,14	1,13	1,09	1,07	ÖD	0,243	0,278	0,310	0,353	0,320	0,300	ÖD

* P<0,05; ** P<0,01 düzeyde önemli; ÖD önemli değil

Tuz stresi oluşturmak için T₀ (kontrol), T₁, T₂, T₃ ve T₄ konularına sırasıyla 0,6 dS/m, 2,0 dS/m, 4,0 dS/m, 6,0 dS/m, 8,0 dS/m düzeylerinde tuzlu sular uygulanmıştır. Mürdümük yeşil olarak ot şeklinde hasat edilene kadar tuzlu su uygulamaları sonucunda toprak tuzluluğu (EC_e) T₀, T₁, T₂, T₃ ve T₄ konuları için sırasıyla 1,77; 3,05; 5,17; 5,16 ve 6,10 dS/m düzeylerine çıkmıştır. Uygulanan sulama suyu tuzluluğunun artışıyla birlikte toprak tuzluluğu artış göstermiş ve konular arası toprak tuzluluğundaki farklılık istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01). Tuzlu su uygulamalarının toprak reaksiyonu üzerine de etkisi önemli bulunmuş ve artan tuzluluk ile birlikte toprak pH değeri azalmıştır. Bitki kök bölgesi altına sızan su miktarının toplam uygulanan su miktarına oranını ifade eden yıkama oranı (LF), konular arasında önemli derecede farklı çıkmamıştır. Yüksek tuzluğun uygulandığı T₃ ve T₄ konularında LF = 0,12 ile en yüksek orana sahip iken T₂ konusunda LF= 0,091 dir. En düşük yıkamanın T₀ ve T₁ konularında sırasıyla 0,061 ve 0,082 oranında gerçekleştiği belirlenmiştir. Deneme ortalaması olan LF = 0,095 oranı dikkate alındığı zaman tüm konularda ortalama olarak uygulanan suyun yalnızca % 9,5'i saksı tabanından sızarak uzaklaşmıştır.

Saksılara uygulanan su miktarı, saksıdan drene olan su miktarı, deneme başlangıcı ve sonundaki toprak nemi dikkate alınarak hesaplanan bitki su tüketim değerleri (ET), tuzlu su uygulamalarından önemli derecede etkilenmiş ve artan tuzluluğun etkisiyle azalmıştır. En yüksek bitki su tüketimi T₀ ve T₁ konusunda (25,3 ve 25,5 l/saksı) gerçekleşirken en düşük bitki su tüketimi T₂, T₃ ve T₄ konularında (20,3; 19,6 ve 17,2 l/saksı) gerçekleşmiştir.

Artan tuzluluk bitki su tüketimini azaltmakla birlikte bitki boyu ve kuru ot veriminde de düşüslere yol açmıştır. Düşük tuzlu su uygulamalarına göre 2,0 dS/m düzeyinde hafif tuzlu su uygulamaları (T₁) küçük oranda da olsa bitki boyu ve verimi üzerine olumlu etkide bulunmuştur. Bu değerlerin üzerindeki tuzlu sulama suyu uygulamaları kontrol konusuna göre kuru ot veriminde ve bitki boyunda önemli düşüslere yol açmıştır. T₀ konusuna göre kuru ot verimi T₂, T₃

ve T₄ konularında sırasıyla % 10,8; % 18,1; % 22,9 oranında verim kayıplarına sebep olmuştur. T₀ konusuna göre T₄ konusunda bitki boyu yaklaşık % 10 kadar daha kısadır.

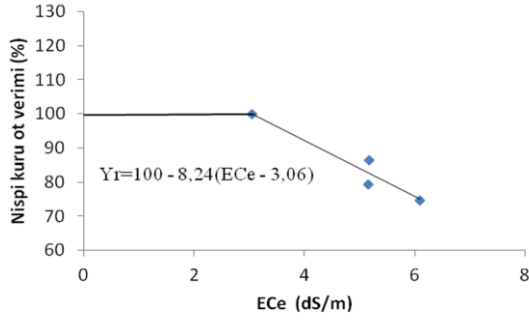
Denemenin tohum hasadı kısmında uygulanan tuzlu sulama suları toprak tuzluluğunu (EC_e) T₀, T₁, T₂, T₃ ve T₄ konularında sırasıyla 1,87; 2,92; 4,93; 6,16 ve 6,87 dS/m düzeylerine yükseltmiş olup konular arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P<0,01). Artan sulama suyu tuzluluğu ile birlikte toprak tuzluluğu artış göstermiştir. Toprak reaksiyonu tuzlu sulama uygulamalarından önemli oranda etkilenmemiştir. Denemede konular arasında yıkama oranı farklılığı önemli bulunmamıştır. Yıkama oranı 0,083-0,12 arasında değişmiş olup ortalama değeri LF = 0,099 dur. Yani bitkilere uygulanan sulama suyunun yalnızca % 9,9 kadarı drene olarak uzaklaşmıştır.

Tuzlu su uygulamaları sonucu artan toprak tuzluluğu nedeniyle bitki su tüketimi de önemli oranda azalmıştır. ET değeri kontrol konusunda 41,3 litreden en tuzlu suyun uygulandığı T₄ konusunda 21,0 litreye düşmüştür. Yani yüksek tuzluluk bitki su tüketiminde yaklaşık % 50 oranında bir azalmaya neden olmuştur. Artan tuzluluk ve azalan bitki su tüketimi etkisiyle birlikte konulardan alınan tohum verimi önemli oranda azalmıştır. Kuru ot üretiminde olduğu gibi tohum üretiminde de 2 dS/m düzeyinde tuzlu su uygulaması az oranda da olsa verim üzerine olumlu etkide bulunmuş, 4,0 dS/m düzeyine kadar tohum verimi önemli oranda azalmaz iken daha yüksek tuzlulukta suların uygulanması nedeniyle verim önemli oranda azalmıştır. T₀ konusuna göre T₃ ve T₄ konularında sırası ile % 23,4 ve % 31,8 oranında verim kaybı meydana gelmiştir. Bin tohum ağırlığı üzerine de tuzlu su uygulamalarının etkisi önemli bulunmuştur.

Yalnızca en yüksek tuzlu suyun uygulandığı T₄ konusunda bin tohum ağırlığı diğer uygulamalara göre en yüksek oranda azalmıştır. Tuzlu su uygulamaları bakla sayısı, tohum sayısı ve su kullanım etkinliğinde önemli bir farklılığa neden olmamıştır (Çizelge 4).

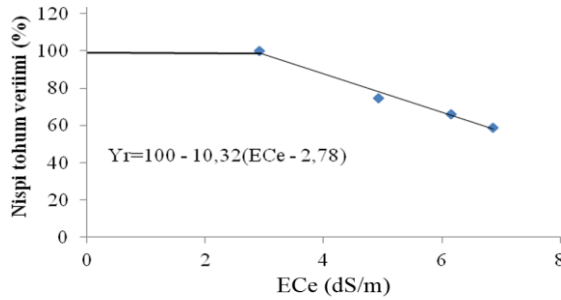
3.3 Mürdümüğün Tuzluluğa ve Su Stresine Karşı Toleransı

Mass ve Hoffman (1977) tarafından geliştirilen tuz tolerans modeli kullanılarak mürdümükte kuru ot verimi için eşik ve eşik sonrası verim kaybı yüzdesi belirlenmiştir (Şekil 1 ve Şekil 2).



Şekil 1. Mürdümük bitkisinde kuru ot için tuz tolerans modeli

Figure 1. The salinity tolerance model of grasspea for dry hay yield



Şekil 2. Mürdümük bitkisinde tohum için tuz tolerans modeli

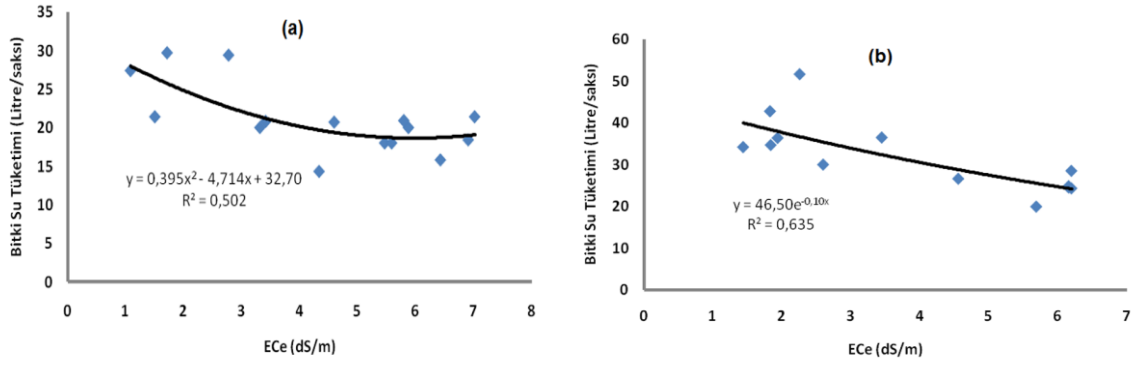
Figure 2. The salinity tolerance model for grasspea seed yield

Yeşil ot ihtiyacını karşılamak için yetiştirilen mürdümükte toprak tuzluluğu 3,06 dS/m eşik değerine ulaşana kadar verim kaybı meydana gelmemektedir. Eşikten sonra ise birim tuzluluk artışı için kuru ot verimi % 8,24 oranında azalmaktadır. Bu sonuçlara göre kuru ot verimi bakımından 9,13 dS/m toprak tuzluluğu değerinde mürdümük % 50 verim kaybederken yaklaşık 15 dS/m tuzluluk düzeyinde bitki yaşamını sürdüremeyecektir.

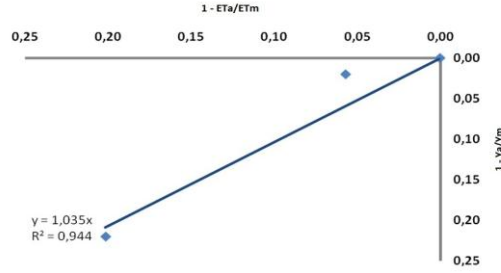
Tohum verimi dikkate alındığında eşik tuzluluk değeri 2,78 dS/m ve verim kaybı % 10,32 olarak belirlenmiştir. Modele göre bitkide % 50 verim kaybı 7,62 dS/m toprak tuzluluğu düzeyinde ve % 100 verim kaybı ise 12,5 dS/m düzeyinde gerçekleşmektedir. Tuzluluğa tolerans açısından ot verimi ve tohum verimi karşılaştırıldığında mürdümüğün vejetatif aksamının daha toleranslı olduğu sonucuna varılmaktadır. Mürdümükte artan tuzlulukla birlikte hem kuru ot hem de tohum üretiminde su tüketiminin azalmasına neden olmuştur (Şekil 3). Bitkinin su stresine toleransı, verim tepki etmeni (k_y) ile değerlendirilmektedir. Verim tepki etmeni, nispi bitki su tüketimi azalmasına karşı nispi verim azalması arasındaki ilişkiden elde edilmektedir (Doorenbos ve Kassam, 1986). Eğer $k_y \leq 1$ ise bitki kuraklığa karşı toleranslı ve eğer $k_y \geq 1$ ise bitki kuraklığa karşı duyarlıdır. Bitki su tüketiminde meydana gelen nispi azalmaya karşılık bitki kuru ot veriminde meydana gelen azalma Şekil 4'te gösterilmiştir.

Şekil 4'te görüldüğü gibi mürdümük nispi kuru ot verimi yaklaşık 1,04 oranında azalmaktadır. Diğer bir deyişle $k_y = 1,04$ olup mürdümük bitkisi kuru ot verimi bakımından su eksikliğine karşı ne toleranslı ne de duyarlı bir bitkidir. Tohum verimi için nispi verim düşüşü ile nispi su tüketimi düşüşü arasında sağlıklı bir ilişki kurulamamıştır. Çünkü artan su stresine rağmen kontrol konusuna göre önemli şekilde verim kaybı oluşmamıştır. Dolayısıyla tohum verimi açısından mürdümük su stresine karşı çok toleranslı bir bitkidir. Tuzluluğun bitki su tüketimi ve verimde azalmaya neden olmasından dolayı verim tepki etmeni tuzluluğun etkilerini değerlendirmek için de kullanılmaktadır (Katerji ve ark., 1998; Shalhevet, 1994; Steward ve ark., 1977; Ünlükara ve ark., 2008; Ünlükara ve ark., 2010). Şekil 3a ve b'de görüldüğü gibi artan tuzluluk bitki su tüketimini azaltmaktadır.

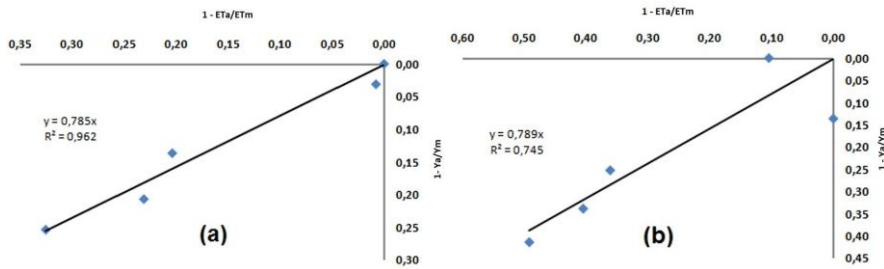
Şekil 5'te görüldüğü gibi kuru ot verimi ve tohum verimi için verim tepki etmeni (k_y) birbirine çok yakın çıkmış olup her ikisi için de $k_y = 0,79$ alınabilir. Bu sonuçlara göre mürdümük, tuzluluktan kaynaklanan su kısıdına karşı dayanıklı bir yem bitkisidir.



Şekil 3. Tuzluluğun yeşil ot üretimi (a) ve tohum üretimi (b) için bitki su tüketimine olan etkisi
Figure 3. Effects of salinity on grasspea water consumption for hay production (a) and for seed production (b)



Şekil 4. Yeşil ot hasadına kadar olan süreçte sulama suyu kısıdı için nispi bitki su tüketimi ve nispi verim azalması arasındaki ilişki
Figure 4. The relationship between relative evapotranspiration and relative yield decreases due to irrigation water deficit for the growth period to hay harvest



Şekil 5. (a) Kuru ot üretimi (b) tohum üretimi için tuzluluk nedenli su tüketiminde nispi azalmaya karşılık verimde meydana gelen nispi azalma (k_y)
Figure 5. The relationships between relative evapotranspiration and relative yield decreases due to salinity for dry hay (a) and seed yields (b)

4. Sonuç

Orta ve daha yüksek şiddette su stresi, mürdümükte kuru ot veriminin düşmesine neden olmasına karşılık tohum veriminde önemli bir düşüş gerçekleşmemiştir.

Aşırı su uygulamaları mürdümükte ot ve tohum verimi açısından önemli düzeyde verim kayıplarına yol açmamıştır. Buna karşılık su kullanım etkinliği önemli düzeyde düşmüş ve bin tohum ağırlığı önemli oranda azalmıştır.

Mürdümükte hasat indeksinin düşük olması, tohum üretimi için uzayan bitki gelişme dönemi ve artan su tüketimi nedeniyle özellikle suyun kıt olduğu bölgelerde su kullanım etkinliği bakımından kaba yem ihtiyacını karşılamak amacıyla mürdümük üretilmesi daha uygun olacaktır. Artan sulama suyu tuzluluğu ile birlikte toprak tuzluluğu artmakta buna karşın bitki su tüketimi azalmaktadır. Hafif toprak tuzluluğu mürdümükte hem ot verimine hem de tohum verimine olumlu etkide bulunmaktadır. Tohum verimi 2,78 dS/m eşik toprak tuzluluğu değerinden sonra tuzluluktaki her bir birim artış için yaklaşık % 10,3 oranında verim kaybı meydana gelmektedir. Kuru ot verimi ise yaklaşık 3,1 dS/m eşik toprak tuzluluğu değerinden sonra % 8,24 oranında azalmaktadır. Tuzluluğa tolerans bakımından mürdümükte vejetatif aksam daha toleranslıdır.

Ot üretimi açısından mürdümük su eksikliğine karşı ne toleranslı ne de duyarlı bir bitkidir ($k_y \cong 1$). Buna karşın tohum üretimi açısından kuraklığa karşı son derece toleranslı bir bitkidir. Tuzluluğun neden olduğu fizyolojik kuraklık nedeniyle bitki su stresine girmektedir. Fizyolojik kuraklık bakımından mürdümük hem ot hem de tohum üretimi için orta derecede toleranslı bir bitkidir.

Teşekkür

Bu projeye destek olan Gaziosmanpaşa Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Komisyonuna teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Anonim (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U. S. Dept. of Agric. No: 60, USA.
- Ayyıldız M (1990). Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları: 1196, Ders Kitabı: 344, 282 s, Ankara.
- Başaran U, Acar Z, Önal Aşçı Ö, Mut H. ve Ayan İ (2007). Mürdümük (*Lathyrus Sp.*) türlerinin önemi, tarımda kullanım olanakları ve zararlı madde içerikleri. OMÜ Zir. Fak. Dergisi, 22(1), 139-148.
- Bouyoucos (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal* 43, 435-438.
- Bucks DA, Sammis TW ve Dickey GL (1992). Irrigation for Arid Areas. In: Management of Farm Irrigation Systems, Hoffman GJ, Howell TA and Solomon KH (Eds), ASAE Monograph Number 9, ASAE 2950 Niles Road.
- Doorenbos J ve Kassam AH (1986). Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper No: 33, 193 p, Rome.
- Düzdemir O, Ünlükara A ve Kurunç A (2009). Response of cowpea (*Vigna unguiculata*) to salinity and irrigation regimes. *RSZN New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 37, 271-280.
- Geren H, Okkaoğlu H ve Avcıoğlu R (2011). Mikorizanın farklı tuz (NaCl) konsantrasyonlarında kıbrıs mürdümüğü (*Lathyrus ochrus*)'nün verim ve bazı fizyolojik özellikleri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48 (1), 31-37.
- Hoffman, G ve Shalhevet J (2007). Controlling Salinity. In: Design and Operation of Farm Irrigation Systems. Hoffman G.J, Evans RG, Jensen ME, Martin DL, Elliott R (Eds). ASABE, 2950 Niles Rd., St. Joseph, MI 49085-9659 USA, p. 160-207.
- Karadağ Y (1999). Bazı Mürdümük (*Lathyrus sativus* L.) Hatlarının Sitolojik, Morfolojik ve Tarımsal Özellikleri Üzerinde Araştırmalar. (Doktora Tezi), Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Tokat.
- Katerji N, Van Hoorn JW, Hamdy A, Mastroilli M ve Karam F (1998). Salinity and drought, a comparison of their effects on the relationship between yield and evapotranspiration. *Agricultural Water Management*, 36(1998), 45-54.
- Kurunç A, Unlukara A ve Cemek B (2011). Salinity and drought affect yield response of bell pepper similarly. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science* 61, 514-522.
- Maas EV ve Hoffman GJ (1977). Crop Salt Tolerance-Current Assessment. *ASCE J. Irrig. ve Drainage Div.* 103 (IR2), 115-134.

- Mahdavi M ve Sanav AMM (2007). Germination and seedling growth in grasspea (*Lathyrus sativus*) cultivars under salinity conditions. Department of Agriculture, Tarbiat Modarres University, Pakistan Journal of Biological Sciences 10 (2), 273-279, P.O. Box 14115-336, Tehran, Iran.
- Massoud F (1981). Salt affected soils at a global scale and concepts for control. Technical paper. Rome, Italy: Land and Water Development Div., FAO.
- Richard LA (1969). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. United States Salinity Laboratory Staff, United States Department of Agriculture, Agriculture Handbook No. 60, Washington.
- Shalhevet J (1994). Using Water of Marginal Quality for Crop Production: Major Issues. Agric. Water Manag. 25, 233-269.
- Stewart JI ve Hagan RM (1973). Functions to predict effects of crop water deficits. J. Irr. Drain. Div. ASCE 99, 421-439.
- Stewart JI, Danielson RE, Hank RJ, Jackson EB, Hagan RM, Pruitt WO, Franklin WT ve Riley JP (1977). Optimizing Crop Production through Control of Water and Salinity Levels in The Soil. Utah Water Lab. PRWG 151-1, Logan, Utah. 191 p.
- Ünlükara A, Kurunç A, Kesmez GD ve Yurtseven E (2008). Growth and evapotranspiration of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) as influenced by salinity of irrigation water. Journal of Irrigation and Drainage Engineering-ASCE, 134 (2), 160-166.
- Ünlükara A, Kurunç A, Kesmez GD, Yurtseven E ve Suarez DL (2010). Effects of salinity on eggplant (*Solanum melongena* L.) growth and evapotranspiration. Irrigation and Drainage, 59, 203-214.
- Yeşilsoy MŞ ve Güzelış İ (1966). Toprakta Özgül Ağırlık ve Hacim Ağırlığı Tayin Metodları. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Teknik Yayınları, Sayı: 15, Ankara.
- Yıldız D ve Özbay Ö (2009). Su ve Toprak. Teknik Hazırlık ve Dünya Yayıncılık A.Ş., İstanbul.