

Ekmeklik Buğday Genotiplerinin Değişik Fizyolojik Dönemlerde Oluşturulan Tuz Stresine Tepkilerinin Belirlenmesi

Mehmet ATA¹ İbrahim Atış¹ Veli Uygur² Mustafa Erayman³ Ahmet İrvem⁴

¹ Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fak. Tarla Bitkileri Böl., 31034, Hatay

² Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Böl., Isparta

³ Mustafa Kemal Üniversitesi, Fen Edebiyat Fak. Biyoloji Böl., 31000, Hatay

⁴ Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fak. Biyosistem Böl., 31034, Hatay

Özet

Tuzluluk, bitki gelişmesinde en önemli abiyotik stres faktörlerinden birisi olup bilinçsiz sulamaya bağlı olarak dünyada giderek yaygınlaşmakta ve önemli ürün kayıplarına yol açmaktadır. Bu araştırmada çimlenme aşamasında tuza duyarlıdan-dayanıklıya kadar tepki gösteren 3 ekmeklik buğday genotipi bitki materyali olarak kullanılmıştır. Bitkilere dört farklı fizyolojik dönemde uygulanan tuzun, çeşitlerin verim ve bazı verim bileşenleri üzerine olan etkileri Tesadüf Bloklarında Bölünen Bölünmüş Parseller Deneme Deseninde 4 tekerrürlü saksı denemesi olarak incelenmiştir. Genotiplere dört farklı fizyolojik dönemde (Çimlenme-sürme, Z₁; kardeşlenme-sapa kalkma, Z₂; başaklanma-çiçeklenme, Z₃ ve dölllenme-erme, Z₄), EC'si ayarlanmış sulama suyu ile tarla kapasitesinde sulanarak tuz stresi oluşturulmuştur. Bu amaçla; bitkiler sürekli olarak 0,6, 6 ve 12 dS m⁻¹ EC ye sahip sulama suyu ile belirtilen fizyolojik devrelerde tarla kapasitesinde sulanmış ve hasada kadar yetiştirilmiştir. Farklı fizyolojik gelişme dönemlerinde artan tuz dozlarının uygulandığı ekmeklik buğday genotiplerinde; tuz dozu ve uygulama zamanlarının etkisi genotiplere göre değişmekle birlikte genelde incelenen özellikler yönüyle önemli bulunmuştur. Artan tuz dozları ve uzayan tuza maruz kalma süreleri incelenen özellikler yönüyle önemli düzeyde zararlı etkilere neden olmuştur. Tuz dozları ve uygulama zamanları arasında incelenen özellikler yönüyle interaksiyonların önemli olması, tuzun zararlı etkisinin doz ve uygulama zamanına göre değiştiğini göstermektedir. Araştırmada kullanılan ekmeklik buğday genotiplerinde çimlenmeden itibaren tuza maruz bırakıldığında önemli ölçüde zararın meydana geldiği, dölleneden sonra tuza maruz bırakıldığında ise genelde incelenen özellikler yönüyle önemli bir etkinin ortaya çıkmadığı belirlenmiştir.

Anahtar kelimeler: Buğday, tuz stresi, gelişme dönemleri

Determination of Salt Stress Responses of Bread Wheat Genotypes at Different Physiological Periods

Abstract

Salinity is one of the most important plant abiotic stress factors and is becoming more widespread in the world due to intensive irrigation practices which result in significant crop losses. In this research, three bread wheat genotypes having different salinity stress responses at germination stages were used and they were allowed to salinity stress at different physiological stages to determine salinity tolerance of them. Experimental design was split-split plot design with four replications. Salinity stress was exposed to bread wheat genotypes at different physiological growth stages (Germination to physiological maturation (Z₁), tillering to physiological maturation (Z₂), heading time to physiological maturation (Z₃) and grain filling to physiological maturation (Z₄)). Salinity stress was performed by using irrigation water with 0, 6 and 12 dS m⁻¹ EC. Irrigation was performed when the water

potential drops below the field capacity and plants were regularly watered until harvesting. Increased and prolonged salinity stress generally resulted in elevated adverse effects on investigated characters. There was significant salt doses and treatment stages interaction. Our results indicated that genotypes were more susceptible to salinity during germination stage compared to that after fertilization. Therefore, selection programs should focus on improving genotypes showing tolerance during germination.

Key words: Wheat, salinity stress, developmental stages

Giriş

Tuzluluk, bitkiler için önemli bir abiyotik stres kaynağıdır. Toprak tuzluluğu, çoğunlukla yağış miktarı az, yüksek sıcaklık derecelerine sahip, kurak ve yarı kurak bölgelerde ortaya çıkmaktadır ve bitki verim ve kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Munns ve Tester, 2008). Gereksiz ve aşırı sulama, yetersiz drenaj, yüksek taban suyu, doğal tuz kayaçları ya da deniz suyunun sulama sularına karışması gibi farklı tuzluluk kaynakları tarım alanlarında problem olabilmektedir (Daşgan, 2008).

Dünyada 800 milyon ha'dan daha fazla alan tuzluluk probleminden etkilenmektedir ve bu miktar dünya karalar alanının yaklaşık % 7'sini teşkil etmektedir (Munns ve Tester, 2008). Türkiye'de, ise yaklaşık 1.5 milyon ha alanda tuzluluk ve sodyumluluk sorunu bulunmaktadır. Bu, sulanan arazilerin yaklaşık %31'ine denktir (Kanber ve ark., 2005). Yüksek tuz konsantrasyonlarında tüm bitki türleri belirgin büyüme gerilemesi göstermesine karşın, büyüme ve üretkenlik açısından türler ve çeşitler arasında belirgin farklılıklar bulunmaktadır (Munns 2002; Munns ve Teter, 2008).

Tuzluluk ve alkaliliktir aynı zamanda drenaj bozukluğuna bağlı olarak topraklarda bitki yetiştirilmesini sınırlandıran en önemli etkenlerdir (Dinç ve ark., 1993; Özcan ve ark., 2000; Kanber ve ark., 2005). Sıcaklığın yüksek olduğu bölgelerde bilinçsiz aşırı sulama zamanla topraklarda tuz birikmesine neden olabilmektedir. Türkiye'de Harran, Amik, Konya ve Aşağı Seyhan Ovalarında sulama, drenaj, topoğrafik ve iklim etkenlerinin tuzluluğa sebep olduğu bilinmektedir (Kanber ve ark., 2005). Özellikle Güneydoğu Anadolu Projesi (GAP) kapsamında önemli yatırımların yapıldığı Harran Ovasında yaklaşık 10 000 ha

arazi aşırı sulamaya bağlı yükselen taban suyundan kaynaklanan tuzluluk tehlikesi ile karşı karşıyadır (Özkaldı ve ark., 2004). Bu da yoğun tarım yapılan ve/veya yapılacak alanlarda sulama ve yetersiz drenajdan kaynaklanan tuzluluk probleminin ortaya çıkma olasılığını daha da yükseltmektedir.

Tuz stresinin bitkilerdeki genel etkisi, çimlenmede azalma ve gecikme, büyüme hızındaki azalma, yaprak sayısındaki ve alanındaki azalma, bitki boyunun kısalması ve kardeş sayısının azalması şeklinde ortaya çıkmaktadır ve sonuçta bitkinin vejetatif ve generatif verimini ve kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir (Gupta ve Srivastava 1989; Pessaraki ve ark., 1991; Van Hoorn, 1991; Munns ve Tester, 2008). Tuz stresinde bitkilerde aşırı miktarlarda biriken sodyum (Na), potasyumun (K)'un alımını engellemekte (Atak ve ark., 2006) ve klor (Cl) ise özellikle nitrat (NO₃) alımı üzerine olumsuz etki yaparak bitkilerde iyon dengesinde bozulmalara sebep olabilmektedir (Güneş ve ark., 1994). Diğer taraftan aşırı miktarda alınan Na⁺ ve Cl⁻ bitkide fosfor (P) alımında kontrolün kaybolmasına ve P toksisitesine neden olmaktadır (Yetişir ve Uygur, 2009).

Tuzun 2 tip etkisi söz konusudur. İlk etkisi osmatik etki ki erken dönemde ortaya çıkar ve kök çevresinde düşük su potansiyeli oluşturarak bitkiye kuraklık etkisi oluşturur. İkinci etki ise özellikle Na⁺ ve Cl⁻ gibi iyonların toksik etkisidir ve bu etki bitkinin ilerleyen gelişme dönemlerinde ortaya çıkarak bitkide besin alımında ve taşınmasında azalma ya bağlı olarak besin dengesizliğine neden olur (Marschner, 1995; Munns ve Tester, 2008).

Tuzluluktan etkilenmiş alanlarda yetiştirilebilecek bitki tür ve çeşitlerinin belirlenmesi amacıyla mevcut çeşitlerin incelenmesi ve dayanıklı genotiplerin belirlenmesi, tuza dayanıklılık genlerinin gerek klasik ıslah yöntemleri gerekse genetik mühendisliği çalışmaları ile yeni ıslah çeşitlerine aktarılmasında potansiyel gen havuzlarının belirlenmesi açısından önemlidir (Munns ve James, 2003). Tuzlu çevre koşullarında büyüeyebilen ve ekonomik olarak verim sağlayabilen bitki çeşitlerinin geliştirilmesi tuzun zararlı etkisini minimize etmede en etkili çözüm olarak karşımıza çıkmaktadır (Fooland, 1996).

Tarla şartlarında, tuzluluk düzeyi büyüme periyodu boyunca ve sulama kuruma periyotlarında toprak profilinde değişkenlik göstermektedir. Topraklar genelde, ekim zamanı en az seviyede tuzluluk gösterirler. Çünkü ekimden önceki sulama ya da yağışlar toprak üst tabakasında bulunan tuzların aşağıya doğru yıkanmasına neden olmaktadır. Büyüme sezonu ilerledikçe, gerek sulama suyunun içerdiği tuzlar gerekse taban suyunda veya alt profillerde bulunan tuzların kök bölgesine taşınmasıyla tuzluluk artar ve tane olum zamanında en yüksek seviyesine ulaşır (Munns ve James, 2003). Van Hoorn (1991) ve Shannon (1984), artan tuz konsantrasyonlarının bitkilerde çimlenmeyi geciktirdiğini ancak aspir, sorgum, ayçiçeği ve buğday gibi tuza toleranslı bitkilerde 10. günden sonra yüksek çimlenme yüzdesi elde edildiğini, bitkilerin çimlenme ve ilk gelişme dönemlerinde tuza, diğer gelişme dönemlerine göre daha hassas olduğunu bildirmişlerdir. Buğdayda bitki kuru ağırlığının artan tuz konsantrasyonlarıyla azaldığı ve köklerin toprak üstü organlara oranla daha fazla olumsuz etkilendiği bilinmektedir (Gupta ve Srivastava 1989; Pessarakli ve ark., 1991). Ayrıca, Begum ve ark. (1992), tuz (NaCl) stresinin buğdayda çimlenme oranını önemli derecede azalttığını, Veli ve ark. (1994) ilk gelişme döneminde buğday çeşitleri arasında tuza tolerans bakımından önemli farklılıklar gösterdiğini bildirmişlerdir. Öncü ve Keleş (2003) yaptıkları çalışmada; ekmeklik Bezostaya-1, Seri-82 ve Kıraç-66 ile

makarnalık Kızıltan-91, Kunduru 414-44 ve Ç-1252 buğday çeşitlerinin tuz stresine (200 mM NaCl) tepkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonunda tuz stresi altındaki bitkilerde bitki büyümesi ve oransal su içeriğinin önemli ölçüde azaldığını tespit etmişler, incelenen genotipler arasında tuzluluğa tepkide önemli farklılıklar olduğunu vurgulamışlardır. Buğday genotiplerinin tuz toleransındaki farklılıkların belirlenmesi tuzlu alanlar için genotip seçiminde önemlidir. Yapılan çalışmalar buğday veriminin topraktaki tuz konsantrasyonu 100 mM'ı geçtiğinde önemli ölçüde azaldığını göstermektedir (Munns ve ark., 2006).

Tuza dayanım, birçok bitki türünde fizyolojik gelişme dönemlerine göre değişiklik gösterebilmektedir. Genelde tahıllar, özellikle vejetatif dönemde ve erken generatif dönemde tuza karşı daha hassas (Shannon 1984; Mass ve Grieve, 1994) generatif ve tane dolum zamanında ise daha dayanıklıdır (Shannon 1985; Mass ve Grieve 1990). Genel olarak 6 dS/m'lik tuz stresi buğdayda beklenen verimde önemli azalmanın olacağı eşik değer olarak belirlenmiş olup, bu değer üzerinde her 1 dS /m'lik tuz stres artışı verimde yaklaşık % 7'lik bir verim kaybına neden olacağı bildirilmektedir (Shannon, 1998).

Bu nedenle, çeşitlerin tuza hangi devrede hassas ya da dayanıklı olduğu, oluşabilecek kayıpları tahmin etmede ya da önlemede kullanılabilir. Bununla birlikte genotipler arasında tuza dayanıklılık dereceleri farklı gelişme dönemlerinde ortaya çıkabilmekte, çeşitler farklı tepkiler gösterebilmektedir. Buğday yetiştiriciliğinde olumsuz abiyotik çevre koşulları (stres şartları) verimi sınırlayan önemli faktörlerdendir. Çevresel streslerden olan tuzluluk; buğday verimini sınırlayan en önemli etkenler arasında yer almaktadır.

Bu çalışma; çimlenme döneminde tuza dayanıklılık yönünden hassas, az dayanıklı ve dayanıklı olarak belirlenen ekmeklik buğday genotiplerinin, değişik fizyolojik gelişme devrelerinde artan tuz streslerinde verim ve bazı verim bileşenleri açısından gösterdikleri

tepkilerin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

Materyal ve Yöntem

Araştırma; 2009 yılında, Mustafa Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi seralarında yürütülmüştür. Denemede daha önce

Çizelge 1. Araştırmada kullanılan genotipler, tuz dozları ve uygulama zamanları

Table 1. Genotypes, salinity doses and application time used in the experiment

Genotipler	Pedigre İsmi	Çeşit özelliği
G1	SERI,1B*2/3/KAUZ*2/BOW//KAUZ	Tuz stresine dayanıklı
G2	STAR'S'/KAUZ'S'	Tuz stresine orta dayanıklı
G3	89N2090/WERAVER//SW91,4903	Tuz stresine duyarlı
Tuz Dozları	Doz (elektriksel iletkenlik)	Özellik
T1	Kontrol (EC= 0.60 dS m ⁻¹)	Normal sulama (Çeşme) suyu
T2	6 dS m ⁻¹ sahip sulama suyu	Tuz zararının başladığı eşik değer
T2	12 dS m ⁻¹ sahip sulama suyu	Eşik değerinin 2 katı
Uygulama zamanları	Tuz uygulama zamanı/süresi	Zedoks skalası
Z1	Çimlenme döneminden itibaren	00-20
Z2	Kardeşlenme döneminden itibaren	21-30
Z3	Başaklanma döneminden itibaren	50-59
Z4	Döllenme döneminden itibaren	60--

Araştırma; çimlenme aşamasında tuz stresine dayanıklı (G1), orta dayanıklı (G2) ve duyarlı (G3) olarak belirlenen genotiplerle (Atak, 2014), sera şartlarında bu buğday genotiplerinin değişik fizyolojik devrelerindeki değişen tuz stresine tepkilerinin belirlenmesi amacıyla; bölünen bölünmüş parseller deneme deseninde 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Ana parsellere genotipler (G1, G2 ve G3), alt parsellere tuz dozları (Kontrol, 6 dSm⁻¹ ve 12 dSm⁻¹) ve alt-alt parsellere fizyolojik gelişme dönemleri (Z1, Z2, Z3 ve Z4) yerleştirilmiştir (Çizelge 1). Üç (3) kg toprak, kum ve torf karışımı (Hacim esasına göre, 1:1:1) doldurulan saksılara 50 mg kg⁻¹ saf P₂O₅ ve saf azot taban gübresi olarak (20-20-0) uygulanan her bir saksıya 5 tohum olacak şekilde 24.12.2008 tarihinde ekim yapılmıştır. Ekimle birlikte tüm saksılar tarla kapasitesinde ya tuz stresi uygulanıncaya kadar çeşme suyu (Z2, Z3 ve Z4 uygulamalarında) ya da tuzlu su (Z1 uygulamasında) ile sulanmıştır. Bitki çıkışlarından sonra saksılarda 4'er adet bitki bırakılmıştır. Sapa kalkma döneminden önce

Uluslararası Kurak Alanlar Araştırma Merkezinden (ICARDA) sağlanan ekmeklik buğday genotipleri kullanılmış olup, kullanılan genotiplerin özellikleri, uygulanan tuz dozları ve uygulama süreleri Çizelge 1' de özetlenmiştir.

saksılara 50 mg N kg⁻¹ olacak şekilde azotlu gübre, üre formunda uygulanmıştır.

Buğday genotiplerine fizyolojik olarak kontrol uygulaması baz alınarak gözlemlenen 4 farklı dönemde; (Z1, Z2, Z3 ve Z4) elektriksel iletkenliği (EC)'si NaCl ile ayarlanmış sulama suyu ile her defasında tarla kapasitesinde sulanarak artan tuz stresi oluşturulmuştur (Çizelge 1). Bitkiler gerektiğinde olgunlaşmaya kadar kontrol (musluk suyu, EC= 0.60 dS m⁻¹), 6 ve 12 dS m⁻¹ EC ye sahip sulama suyu ile belirtilen fizyolojik gelişme devrelerinde tarla kapasitesinde sulanmıştır. Tüm saksılara her sulamada eşit miktarda çeşme suyu ya da tuzlu su ilave verilmiştir. Sulamalarda saksılardan suyun dışarı çıkması önlenmek amacıyla saksı altlıkları kullanılmış, saksıdan altlığa su sızdığına alt kaplarda biriken sular tekrar saksılara aktarılmıştır. Denemenin yürütüldüğü dönemde sera şartlarının ortalama günlük sıcaklığı, maksimum minimum termometre ve nispi nem değerleri ise termo-hidrograf ile ölçülmüştür. Denemenin yürütüldüğü çıkış-çiçeklenme döneminde ortalama günlük sıcak değerleri gündüz 25±7 °C, gece 15±5 °C arasında, nispi

nem değerleri ise 70 ± 10 aralığında değişim göstermiştir.

Kontrol ve tuz stres şartları uygulanarak yetiştirilen bitkilerde bitkisel özelliklere ilişkin; çiçeklenme tarihi, kardeş sayısı, bitki boyu, başak boyu, başakçık sayısı, başakta tane sayısı ve tane verimi aşağıda belirtildiği şekilde elde edilmiştir.

1. Çiçeklenme süresi (gün): Saksıdaki bitki başaklarının % 50 ya da daha fazlasının çiçeklendiği tarihin çıkıştan itibaren geçen gün sayısı olarak belirlenmiştir.

2. Bitki boyu (cm): Her saksıdaki tüm bitkilerde ana sapın toprak seviyesiyle en üst başakçığın ucu arasındaki uzunluk cm olarak ölçülerek ve ortalaması alınarak belirlenmiştir.

3. Kardeş sayısı (adet /başak): Her saksıdaki başak veren kardeşlerin sayılması ile belirlenmiştir.

4. Başakta başakçık sayısı (adet/başak): Her saksıdaki seçilen 4 ana başağın başakçıkları sayılarak belirlenmiştir.

5. Başakta tane sayısı (adet/başak): Her saksıdaki ana başakların harman edilmesi ve tanelerinin sayılması ile belirlenmiştir.

6. Tane verimi (g/saksı): Her saksıdaki tüm bitkilerin el ile hasat ve harman edilip, elde edilen taneler 0.01 g duyarlı terazide tartılarak belirlenmiştir.

Elde edilen veriler **Tesadüf Bloklarında Bölünen Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre** varyans analizine tabi tutularak F-testi ile önemlilik kontrolleri, uygulamalara ait ortalamaların farklılığı %5 önemlilik seviyesinde Duncan testine göre belirlenmiştir (Düzgüneş ve ark., 1987).

Bulgular ve Tartışma

Tuz dozlarının değişik fizyolojik gelişme zamanlarında uygulandığı ekmeklik buğday genotiplerinde ele alınan özelliklerle ilgili

yapılan varyans analiz sonuçları Çizelge 2'de verilmiştir. Çizelgede görüleceği gibi; genotipler (G) arasındaki farklılıklar başakta tane sayısı özelliği dışındaki tüm özelliklerde 0.01 seviyesinde, çiçeklenme tarihinde ise 0.05 seviyesinde önemli bulunmuştur. Tuz dozları (T) ve uygulama zamanları (Z) araştırmada incelenen tüm özellikler yönüyle 0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Genotip x tuz dozları interaksiyonu ise sadece kardeş sayısında 0.05 seviyesinde önemli bulunurken, T x Z interaksiyonu çiçeklenme tarihi dışında incelenen tüm özelliklerde 0.01 seviyesinde önemli bulunmuştur. Genotip x uygulama zamanı ve G x T x Z üçlü interaksiyonu ise incelenen tüm özelliklerde önemsiz bulunmuştur.

Çimlenme safhasında tuza dayanıklılık bakımından farklı tepkilere sahip ekmeklik buğday genotipleri, sera şartlarında değişik fizyolojik dönemlerde farklı tuz dozlarına maruz bırakılarak yetiştirildiklerinde, incelenen özellikler yönüyle tuz dozlarına ve uygulama zamanlarına bağlı olarak değişen tepkiler göstermişlerdir.

Araştırmada çiçeklenme tarihi, bitki boyu ve başakta başakçık sayısına ilişkin ortalama ve farklılık gruplandırmaları Çizelge 3'de özetlenmiştir.

Farklı fizyolojik gelişme dönemlerinde farklı dozlarda tuz stresi oluşturulan ekmeklik buğday genotiplerinden en geç çiçeklenme 87.9 gün ile G1 genotipinden elde edilmiş; G2 ve G3 genotipleri ise daha erken çiçeklenme göstermişlerdir. Artan tuz dozları genelde genotiplerde kısalan çiçeklenme tarihlerine neden olmuştur. Ancak T1 ve T3 dozları çiçeklenme tarihleri yönünden aynı istatistikî grup içerisinde yer almıştır (Çizelge 3).

Çizelge 2. Araştırmada incelenen özelliklere ilişkin kareler ortalamaları
Table 2. Sum of squares for investigated characters

Varyasyon kaynakları	S.D	Çiçeklenme tarihi	Bitki boyu	Başakçık sayısı	Başakta tane sayısı	Kardeş sayısı	Tane verimi
Bloklar	3	6.2	17.7	3.2	86.9	3.0	5.1
Genotip (G)	2	15.6*	1583.3**	23.8**	102.8 ns	24.8**	32.6**
Hata 1	6	1.6	68.3	0.63	83.4	0.4	2.6
Tuz dozları (T)	2	13.4*	2152.1**	264.1**	5383.2**	81.1**	459.9**
G X T	4	1.09 ns	84.8 ns	0.7 ns	91.5 ns	4.9*	5.3 ns
Hata 2	18	3.7	30.1	2.7	34.3	1.2	2.8
Uygulama zamanları (Z)	3	64.6**	917.7**	269.9**	3844.7**	9.0**	50.2**
G X Z	6	3.1 ns	50.8 ns	2.7 ns	51.1 ns	0.9 ns	0.7 ns
T x Z	6	6.8 ns	242.6**	68.7**	1213.1**	1.7*	14.8**
G X T X Z	12	2.0 ns	30.5 ns	2.9 ns	74.8 ns	0.6 ns	1.2 ns
Hata 3	81	5.5	27.1	2.2	42.1	0.6	1.8
C.V (%)	2.2	6.2	7.6	8.9	13.5	3.7	7.2

**) 0.01 seviyesinde önemli, *) 0.05 seviyesinde önemli ve ns) önemsiz

Çimlenme döneminde tuz stresine dayanıklı olan genotip (G1), farklı tuz dozları ve değişen tuz uygulama zamanları kullanılarak sera şartlarında yetiştirildiğinde, en geç çiçeklenme göstermiştir. Uzayan tuz uygulama süreleri çiçeklenme tarihlerinde belirgin olarak kısaltmaya neden olmuştur. En uzun çiçeklenme tarihi Z4 (döllenme döneminden itibaren tuz stresi oluşturulan) uygulama zamanından elde edilmiştir. Kardeşlenme (Z2) ve başaklanma (Z3) zamanında oluşturulan tuz stresleri çiçeklenme tarihleri yönünden bir fark oluşturmamıştır. Ancak Z1'den daha geç ve

Z4'ten daha daha erken çiçeklenmeye neden olmuştur (Çizelge 3). Buğday genel olarak stres şartlarında erken başaklanma-çiçeklenme gösteren bir tahıldır. Araştırmada tuz yoğunluğu ve uygulama süresi arttığında buğday genotipleri daha erken çiçeklenme göstermiştir. Çiçeklenme tarihlerine ilişkin bulgularımız, tuzluluk şartlarında buğday genotiplerde çiçeklenmenin erken gerçekleştiğini bildiren Shannon ve ark. (1984),ün bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Çizelge 3. Farklı tuz dozları ve uygulama zamanları uygulanan buğday çeşitlerinde çiçeklenme tarihi, bitki boyu ve başakçık sayısına ilişkin tuz dozları x uygulama zamanı interaksyonu ortalamaları

Table 3. Means of salinity doses x application time interaction for anthesis date, plant height and spikelet number of some bread wheat genotypes

Çiçeklenme tarihi (gün)							
Uygulama Zamanları (Z)	Tuz dozları (T)			Genotipler (G)			Ortalama (Z)
	T1	T2	T3	G1	G2	G3	
Z1	87.3	84.8	84.4	86.0	84.7	85.9	85.3 C**
Z2	87.7	86.8	87.2	87.9	87.3	86.4	87.2 B
Z3	87.6	87.2	87.8	88.1	87.1	87.4	87.5 B
Z4	88.8	88.7	88.8	89.7	88.7	88.0	88.9 A
Ortalama (T)	87.8 A**	86.4 B	87.1 AB	87.9 A	86.9 B	86.9 B	
Bitki boyu (cm)							
	T1	T2	T3	G1	G2	G3	Ortalama (Z)
Z1	76.1 a*	58.0 b	53.0 c	63.5	57.3	66.3	62.4 B**
Z2	76.6 b	72.3 a	61.0 b	70.5	64.6	74.8	69.9 A
Z3	76.9 a	71.6 a	70.0 a	75.6	64.7	78.4	72.9 A
Z4	77.3 a	72.6 a	69.8 a	78.3	65.7	75.7	73.2 A
Ortalama (T)	76.7 A**	68.7 B	63.4 B	71.9 A	63.1 B	73.8 A	
Başakçık sayısı (adet/başak)							
	T1	T2	T3	G1	G2	G3	Ortalama (Z)
Z1	19.4 a*	11.6 c	8.5 c	13.5	12.4	13.1	13.2 C**
Z2	19.7 a	16.7 b	14.4 b	17.0	16.4	17.3	16.9 B
Z3	19.8 a	18.5 ab	18.1 a	18.9	18.3	19.0	18.7 AB
Z4	19.4 a	19.4 a	18.8 a	20.0	17.7	19.8	19.2 A
Ortalama (T)	19.5 A**	16.5 B	14.9 B	17.5 A	16.2 B	17.3 A	

*) Aynı sütün içerisinde küçük harfler farklı Duncan gruplarını göstermektedir ($P \leq 0.05$)

**) Aynı satır ve sütun içerisinde büyük harfler farklı Duncan gruplarını göstermektedir ($P \leq 0.05$)

En kısa bitki boyu, 53.0 cm ile T3 uygulaması ve Z1 uygulama zamanında elde edilmiştir. En uzun bitki boyu ise 77.3 cm ile T1 uygulaması ve Z4 uygulama zamanında elde edilmiştir. Diğer uygulamalardan bu iki değer arasında değişen ortalama bitki boyları elde edilmiştir (Çizelge 3). Artan tuz dozları ve uzayan tuz uygulama süresi Z1 uygulama zamanında bitki boyunda önemli düzeyde kıalmaya neden olurken, Z2, Z3 ve Z4 uygulama zamanlarındaki bitki boyu azalışı önemli ölçüde gerçekleşmemiştir (Çizelge 3). Çeşit ortalamaları değerlendirildiğinde; çimlenme döneminde tuz stresine dayanıklı olan genotip (G1) bitki boyu yönünden artan dozlarda ve uzayan uygulama sürelerinde diğer genotiplere oranla daha fazla azalan bitki boyu değerleri göstermiştir. Bitki boyuna ilişkin bulgularımız tuzluluk şartlarında bitki

boyunun kıaldığını bildiren Gupta ve Srivastava (1989), Pessaraki ve ark. (1991) ve Van Hoorn (1991)'un bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Başakçık sayısı verileri değerlendirildiğinde; en yüksek başakçık sayısı 19.8 adet/başak ile Z3 x T1 uygulamasından elde edilmiş ancak, T1 doz uygulamaları ile Z3 ve Z4 uygulama zamanlarında elde edilen başakçık sayıları istatistiki olarak aynı grup içerisinde yer almıştır. En düşük başakçık sayısı ise Z1 uygulama zamanında T2 ve T3 uygulamalarından elde edilmiştir. Kontrol uygulamasında T2 ve T3 uygulamalarına oranla daha yüksek başakçık sayısı belirlenmiştir. Uzayan uygulama süreleri, azalan başakçık sayısına neden olmuştur. Çeşitler arasında istatistiki olarak fark

olmasına rağmen, başakçık sayısı yönünden farklılıklar çok belirgin değildir.

Ekmeklik buğday genotiplerinde farklı tuz konsantrasyonları ve uygulama zamanlarının ele alındığı çalışmamızda; başakta tane sayısı, kardeş sayısı ve tane verimine ilişkin elde edilen ortalamalar ile farklılık gruplandırılmaları Çizelge 4'de özetlenmiştir. Çizelge'de görüldüğü gibi en yüksek başakta tane sayısı kontrol uygulamasından elde edilirken, artan tuz dozları özellikle Z1 ve Z2 uygulama zamanlarında başakta tane sayısının ciddi derecede azalmasına neden olmuştur. Z1 döneminden itibaren 6 dS m^{-1} tuz uygulaması başakta tane sayısında kontrole göre % 57.8'lik, 12 dS m^{-1} uygulaması ise % 74.2'lik bir azalmaya neden olmuştur. Z2 döneminden itibaren bitkilerin tuza maruz bırakılması da başakta tane sayısını azaltmış ancak bu etki Z1 dönemine göre daha az düzeyde olmuştur. Z2 döneminde tuza maruz bırakılan bitkilerin başakta tane sayıları, T1 ve T2 uygulamaları için sırasıyla kontrolden % 24.6 ve % 45.2 daha düşük olmuştur. Z2 döneminde T3 tuz dozunda belirlenen başakta tane sayısının 33.4 adet/başağa çıkması, Z3 ve Z4 dönemlerinde en yüksek dozda bile başakta tane sayısının kontrol uygulamasından istatistiksel olarak farksız olması, toprakta tuzun biriken miktarından çok, bitkinin tuza maruz kaldığı fizyolojik dönemin tane dolumu üzerine etkisini ortaya koymaktadır. Nitekim tüm tuz dozlarında Z3 ve Z4 dönemlerinde belirlenen değerler birbirine yakındır. Tuz dozları yönünden en yüksek başakta tane sayısı kontrol (T1) uygulamasından elde edilirken, kontrol uygulamasını sırası ile T2 ve T3 uygulamaları izlemiştir. Genel olarak, artan uygulama dozları ve uzayan uygulama süreleri, başakta tane sayısını önemli ölçüde azaltmıştır. Genotipler yönünden ise istatistiki bir fark oluşmamış, ancak G1, 48.8 adet ile en yüksek başakta tane sayısı değeri göstermiştir.

En yüksek kardeş sayısı 7.0 adet ile T1 uygulamasında Z4 uygulama zamanında elde edilmiştir. En düşük kardeş sayısı ise 3.9 adet ile T3 uygulamasının Z1 uygulama zamanından elde edilmiştir. Artan tuz dozuna

bağlı olarak kardeşlenme önemli oranda azalmıştır. T2 ve T3 dozları kardeşlenme yönünden birbirinden farksız olurken, kontrolden önemli derecede düşük kardeş sayısına sahip olmuşlardır. Tuz uygulama zamanı etkisine bakıldığında ise, dölleme zamanına kadarki tuz stersinin bitkide kardeşlenmeyi önemli derecede azalttığı, ancak bu dönemden sonra bitkinin tuza maruz kalmasının daha erken dönemde tuza maruz kalan bitkilere göre daha fazla kardeşlendiğini göstermektedir.

Çeşitler kardeş sayısı bakımından artan tuz miktarı ve uzayan uygulama sürelerine bağlı olarak farklı gruplarda yer almıştır. En fazla kardeşlenen genotip G2 olurken, bu genotipi G3 ve G1 izlemiştir. Araştırmamızda; G1 genotipi genel ortalama olarak en az kardeşlenme göstermiştir. Ancak, T x G interaksiyonun önemli olması çeşitlerin artan tuz dozlarında farklı tepkiler verdiğini göstermektedir. G1'in kardeş sayısının değişim aralığı kontrol (T1; 5.5 adet) ve en yüksek tuz dozunda (T3; 4.0 adet) diğer genotiplere oranla daha dar olarak gerçekleşmiştir. Buğdayda kardeşlenme, tuzluluk şartlarına en duyarlı özelliktir (El-Hendawy ve ark., 2005). Tuz stresi, kardeş sayısını kardeşlenmeyi geciktirerek ve/veya vejetatif dönemde kardeş çıkışını azaltarak sınırlandırmaktadır. Bulgularımız tuz stresi artıkça kardeş sayısının azaldığını bildiren Munns ve Tester (2008)'in bulgularıyla uyusmaktadır.

Toprak suyunun tuz konsantrasyonu, 7.5 dS m^{-1} seviyesine ulaştığında çoğu ikincil kardeşin ölümüne neden olmakta ve yeni yan kardeşlerin gelişmesi engellenmektedir (Mass ve Poss 1989). Bu nedenle tuzluluk stres durumlarında verim artışı sağlanmak isteniyorsa birim alan ya da bitki başına kardeş sayısının yeterli seviyede olması istenmektedir. Tuzlu şartlarda yeterince kardeşlenme gösteren genotipler yüksek verim yönünden istenen bir durumdur. Ancak, kardeşlenme yeteneği genotiplere göre de değişiklik gösterebilmektedir.

Farklı tuz konsantrasyonlarının değişik fizyolojik zamanlarda uygulandığı ekmeklik buğday çeşitleri arasında en yüksek tane

verimleri kontrol uygulamalarından elde edilmiştir. Artan tuz dozları özellikle Z1 ve Z2 uygulama zamanlarında tane verimlerinin, ciddi derecede azalmasına neden olmuştur. Z1 döneminden itibaren uygulanan 6 dS m^{-1} tuz uygulaması tane veriminde kontrole göre % 74.8'lik, 12 dS m^{-1} tuz uygulaması ise % 81.2'lik bir azalmaya neden olmuştur. Z2 döneminden itibaren bitkilerin tuza maruz bırakılması da tane verimini azaltmış, ancak bu etki Z1 dönemine oranla daha düşük olmuştur. Z2 döneminde tuza maruz bırakılan bitkilerin tane verimleri, T1 ve T2 uygulamaları için sırasıyla, kontrolden % 48.9 ve % 70.8 daha düşük olmuştur. Bu durum özellikle ekimden itibaren tuz stresine maruz bırakılan ekmeçlik buğday genotiplerinde % 80'in üzerinde verim kayıplarının meydana gelebileceğini göstermektedir. Başaklanma döneminden itibaren bitkilerin tuz stresine maruz kalması da tane veriminde azalmaya neden olmuş, ancak bu azalış istatistiksel olarak önemli olmamıştır.

Artan tuz dozları da tane verimini önemli ölçüde azaltmış olup, en yüksek verim 9.57 g/saksı ile T1 dozunda belirlenmiş, bunu T2 (5.18 g/saksı) ve T3 (3.60 g/saksı) doz uygulamaları takip etmiştir.

Uygulama zamanları yönünden en düşük tane verimi 4.48 g/saksı ile Z1 zamanında elde edilmiş olup, bu uygulamayı 6.04 g/saksı ile Z2 uygulama zamanı ve 6.84 g/saksı ile Z3 uygulama zamanları izlemiş, en yüksek tane verimi ise 7.12 g/saksı ile Z4 uygulama zamanından elde edilmiştir (Çizelge 4). Artan tuz dozları, uzayan uygulama süreleri genotiplerde tane verimi yönünden daha fazla varyasyona neden olmuştur. Tuz stresi süresinin uzaması çimlenme döneminde tuza dayanıklı genotipte (G1) daha az oranda tane verimi azalmasına neden olmuştur (Çizelge 4). Araştırmamızda G x T interaksyonunun önemli çıkmamasına rağmen en yüksek tane verimi 10.53 g/saksı ile T1 x G2 uygulamasından elde edilmiştir (Veri gösterilmemiş). En düşük verim ise 3.17 g/saksı olarak G1 x T3 uygulamasından elde edilmiş olup, artan tuz dozlarında en fazla

verim kaybı G2 genotipinde belirlenmiştir (Veri gösterilmemiş).

Araştırmada tane verimine ilişkin bulgularımız topluca değerlendirildiğinde; ekmeçlik buğday genotiplerinin erken dönemlerde Z1(çimlenme-çıkış) ve Z2 (kardeşlenme-sapa kalkma) tuz stresine maruz bırakıldığında, verimdeki azalmanın daha belirgin olarak ortaya çıktığı, sonraki dönemlerde tuz stresine maruz bırakıldığında ise verimdeki kaybın daha az seviyelerde gerçekleştiği görülmektedir.

Çimlenme safhasında tuz stresine dayanıklı olduğu bildirilen genotipte (G1) diğer genotiplere oranla daha az tane verimi belirlenmiştir. Bu durum, G1 genotipinin daha az kardeşlenme özelliği göstermesi ve genotipik özelliğinin farklı olması ile açıklanabilir. Aslında buğday verimi erken dönemde gelişen birim alandaki ya da bitkideki kardeş sayısı ile oldukça ilişkilidir. Kardeş sayısı buğday birim alandaki başak sayısını da düzenlediği için tane veriminde etkili bir özelliktir. Çalışmamızda da artan tuz dozları ve tuz uygulama sürelerinin kardeşlenmeyi azalttığı, başakçık sayısı ve başakta tane sayısını azalttığı için bitki verimini de düşürmüştür. Genelde tahıllar, özellikle vejetatif dönemde ve erken generatif dönemde tuza karşı daha hassas (Shannon, 1984; Mass ve Grieve, 1994), generatif ve tane dolum zamanında ise daha dayanıklıdır (Shannon, 1985; Mass ve Grieve, 1990).

Toprakta bulunan tuz, suyun azalan osmotik basıncına bağlı olarak bitkinin su almasını yavaşlattığından bitki büyüme hızı da azalmakta ve sonuçta verim ve verim öğeleri olumsuz yönde etkilenmektedir. Bu durum tuzun osmotik su kısıtı / fizyolojik kuraklık etkisi olarak bilinmektedir (Munns ve James 2003; Munns ve Tester 2008). Farklı fizyolojik gelişme dönemlerindeki tuz stresi direkt olarak Calvin çevrimindeki enzim aktivitesini bozduğu için bitkinin fotosentetik aktivitesini de engellemektedir (Ottander ve Qquist, 1991).

Çizelge 4. Farklı tuz konsantrasyonları ve uygulama zamanları uygulanan buğday genotiplerinde başakta tane sayısı, kardeş sayısı ve tane verimine ilişkin ortalamalar

Table 4. Means of salinity doses x application time interaction grain number per spike, tiller number per pot and grain yield per pot of some bread wheat genotypes

Başakta tane sayısı (adet/başak)							
Uygulama Zamanları (Z)	Tuz dozları (T)			Genotipler (G)			Ortalama (Z)
	T1	T2	T3	G1	G2	G3	
Z1	59.7 a*	25.2 c	15.4 c	33.8	33.3	33.1	33.4 C**
Z2	60.9 a	45.9 b	33.4 b	46.8	44.7	48.8	46.8 B
Z3	57.9 a	57.1a	50.6 a	56.1	55.3	54.3	55.3 A
Z4	57.7 a	55.5 ab	52.9 a	58.7	50.9	56.6	55.2 A
Ortalama (T)	59.1 A**	45.9 B	38.1 C	48.8	46.1	48.2	
Kardeş sayısı (adet/saksı)							
	T1	T2	T3	G1	G2	G3	Ortalama (Z)
Z1	6.9 a*	4.2 b	3.9 b	4.4	5.5	5.1	5.0 B**
Z2	6.8 a	4.3 b	4.0 b	4.5	5.6	5.0	5.1 B
Z3	6.5 a	4.8 ab	4.1 b	4.5	5.8	5.2	5.2 B
Z4	7.0 a	5.8 a	5.3 a	4.9	7.2	6.1	6.1 A
Ortalama (T)	6.8 A**	4.8 B	4.3 B	4.6 B	6.0 A	5.3 AB	
Tane verimi (g/saksı)							
	T1	T2	T3	G1	G2	G3	Ortalama (Z)
Z1	9.37 a*	2.36 b	1.71 c	3.84	4.60	5.00	4.48 B**
Z2	10.05 a	5.14 a	2.93 bc	4.80	6.50	6.82	6.04 AB
Z3	9.25 a	6.27 a	5.02 a	5.94	6.96	7.64	6.85 A
Z4	9.62 a	6.96 a	4.73 ab	6.18	7.51	7.61	7.12 A
Ortalama (T)	9.57 A**	5.18 B	3.60 B	5.19 B	6.40 AB	6.78 A	

*) Aynı sütün içerisinde küçük harfler farklı Duncan gruplarını göstermektedir ($P \leq 0.05$).

**) Aynı satır ve sütün içerisinde büyük harfler farklı Duncan gruplarını göstermektedir ($P \leq 0.05$).

Farklı fizyolojik gelişme dönemlerinde farklı tuz konsantrasyonlarının uygulandığı ekmeclik buğday genotiplerinde; tuz dozları ve uygulama zamanları genotiplere göre değişmekle birlikte genelde incelenen özellikler yönüyle önemli bulunmuştur. Artan tuz dozları ve uygulama süreleri incelenen özellikler yönüyle artan zararlı etkilere neden olmuştur. Tuz dozları ve uygulama zamanları arasında incelenen özellikler yönüyle interaksiyonların önemli olması, tuzun zararlı etkisinin doz ve uygulama süresine (zamanına) göre değiştiğini göstermektedir. Araştırmada kullanılan ekmeclik buğday genotiplerinde çimlenmeden itibaren tuza maruz bırakıldığında önemli ölçüde zararın meydana geldiği, döllenen sonra tuza maruz bırakıldığında ise genelde incelenen özellikler yönüyle önemli bir etkinin ortaya

çıkmadığı söylenebilir. Çimlenme aşamasında tuza dayanıklı olan genotip, artan tuz dozları ve uzayan uygulama süreleri dikkate alındığında, tane verimi yönünden aynı özelliği göstermemiştir.

Teşekkür

Bu araştırma, M.K.Ü., BAP birimi **08 B 0101** nolu proje kapsamında desteklenmiştir.

Kaynaklar

- Atak M, Kaya M D, Okcu G, Çıkılı Y, Çiftçi C Y, 2006. Effects of NaCl on germination, seedling growth and water uptake of Triticale. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 30 (1): 39-47.
- Atak M, 2014. Ekmeclik buğday genotiplerinin çimlenme aşamasında oluşturulan tuz stresine tepkilerinin belirlenmesi. MKÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi, 19 (1): 1-10.
- Begum F, Karmoker J L, Fattah Q A,

- Maniruzzaman A F M, 1992. The effect of salinity and its correlation with K^+ , Na^+ , Cl^- accumulation in germinating seeds of *Triticum aestivum* L. cv. Akbar. *Plant Cell Physiol*, 33 (7): 1009-1114.
- Daşgan H Y, 2008. İklim değişikliğinin sebze tarımına etkileri (Yüksek sıcaklık stresi). VII. Sebze Tarımı Sempozyumu, Yalova, Panel bildirisi. 26–29 Ağustos.
- Dinç U, Şenol S, Kapur S, Atalay Ü, Cangir C, 1993. Türkiye Toprakları. Ziraat Fakültesi, Genel Yayın No 51, s 233.
- Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz F, 1987. Araştırma ve Deneme Metotları (İstatistik Metodları II) A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No:1021, Ders Kitabı: 295, Ankara.
- El-Hendawy S E, Hu Y, Yakout G M, Awad A M, Hafiz S E, Schmidhalter U, 2005. Evaluating salt tolerance of wheat genotypes using multiple parameters. *European Journal of Agronomy*, 22: 243-253.
- Günes A, Post W H K, Kirkby E A, Aktas M, 1994. Influence of partial replacement on nitrate by amino acid nitrogen or urea in the nutrient medium on nitrate accumulation in NFT grown winter lettuce. *Journal Plant and Nutrition*, 17(11): 1929-1938.
- Gupta S C, Srivastava J P, 1989. Effect of salt stress on morpho-physiological parameters in wheat. *Indian Journal of Plant Physiology*, 32 (2): 169-171.
- Fooland M R, 1996. Genetic analysis of salt tolerance during vegetative growth in tomato, *Lycopersicon esculentum* Mill. *Plant Breeding*, 115: 245-250.
- Kanber R, Çullu M A, Kendirli B, Antepli S, Yılmaz N, 2005. Sulama, drenaj ve tuzluluk. Türkiye Ziraat Mühendisliği 6. Teknik Kongresi. Cilt I. s. 213- 251, Ankara.
- Marschner H, 1995. Saline soil in: mineral nutrition of higher plants, Academic Press, New York, 657-680 pp.
- Mass E V, Grieve C M, 1990. Spike and leaf development in salt-stressed wheat. *Crop Science*, 30: 1309–1313.
- Mass E V, Grieve C. M, 1994. Tiller development in salt-stressed wheat. *Crop Science*, 34: 1594–1603.
- Mass E V, Poss J A, 1989. Salt sensitivity of cowpea at various growth stages. *Irrigation Science*, 10: 313-320.
- Munns R, Tester M, 2008. Mechanism of salinity tolerance. *Annual Review Plant Biology*, 59: 651-674.
- Munns R, 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment* 25: 239-250.
- Munns R, Richard A J, Lauchli A, 2006. Approhes to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany*, 57 (5): 1025-1043.
- Munns R, James R A, 2003. Screening methods for salinity tolerance: A case study with tetraploid wheat. *Plant and Soil*, 253: 201-218.
- Öncü İ, Keleş Y, 2003. Tuz stresi altındaki buğday genotiplerinde büyüme, pigment içeriği ve çözünür madde kompozisyonunda değişmeler. Ç.Ü. Fen-Edebiyat Fakültesi, Fen Bilimleri Dergisi, Cilt 23; Sayı: 2.
- Özcan H, Turan M A, Koç Ö, Çıkılı Y, Taban S, 2000. Tuz stresinde bazı nohut (*Cicer arietinum* L) çeşitlerinin gelişimi ve prolin, sodyum, klor, fosfor ve potasyum konsantrasyonlarındaki değişimler. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 24: 649-654.
- Özkaldı A, Boz B, Yazıcıoğlu V, 2004. GAP'ta drenaj sorunları ve çözüm önerileri. Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 20-21 Mayıs, 2004, Ankara, s.97-106.
- Ottander C, Oquist G, 1991. Recovery of photosynthesis in winterstressed Scots pine. *Plant Cell Environment*, 14: 345–349.
- Pessaraki M, Tucker T C, Nakabayashi K, 1991. Growth response of barley and wheat to salt stress. *Journal of Plant Nutrition*, 14(4): 331-340.
- Shannon M C, 1984. Breeding selection and

- the genetics of salt tolerance. Salinity tolerance in plant strategies for crop improvement. A Wiley- Interscience Pub. 231-254.
- Shannon M C, 1985. Principles and strategies in breeding for higher salt tolerance. Plant Soil, 89: 227-24.
- Shannon M C, Grieve C M Francois L E, 1994. Whole-plant response to salinity. In Plant-Environment Interactions" (R. E. Wilkinson, Ed.), pp. 199-244. Dekker, New York.
- Shannon M C, 1998. Adaptation of plants to salinity. Advances in Agronomy, 60: 75-119.
- Van Hoorn J W, 1991. Development of soil salinity during germination and early seedling growth and its effect on several crops. Agricultural Water Management, 20: 17-28.
- Veli S, Kırtok Y, Düzenli S, Tükel S, Kılınc M, 1994. Evaluation of salinity stress on germination characteristics and seedling growth of 3 bread wheats (*Triticum aestivum* L.). Tarla Bitkileri Kongresi, 25-29 Nisan 1994-İzmir, Cilt I, 57-61.
- Yetişir H, Uygur V, 2009. Plant growth and mineral element content of different gourd species and watermelon under salinity stress. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 33: 65-77.