



Toprak Tuzluluğu ve Tuzluluğa Bitkilerin Dayanım Mekanizmaları

Aişe DELİBORAN^{1*}

Şule SAVRAN²

¹Zeytinlik Araştırma İstasyonu Müdürlüğü, Bitki Besleme ve Toprak-Su Kaynakları Bölümü, İzmir, Türkiye.

²Zeytinlik Araştırma İstasyonu Müdürlüğü, Yetiştirme Tekniği Bölümü, İzmir, Türkiye.

*Sorumlu Yazar:

E-posta: aisedeliboran@gmail.com

Geliş Tarihi: 22 Nisan 2015

Kabul tarihi: 05 Haziran 2015

Özet

Tuzluluk dünya topraklarının önemli sorunlarından birisidir ve her yıl 10 milyon ha arazi tuzluluk etkisiyle elden çıkmaktadır. Dünyada tarım yapılan alanların %23'ü tuzlu, %37'si ise sodiktir. Türkiye'de ise sulamaya uygun alanların yaklaşık 1.5 milyon hektarında tuzluluk ve alkalilik, 2.8 milyon hektarında ise drenaj sorunu yaşanmaktadır. Toprak tuzluluğu özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde özellikle drenaj eksikliği görülen alanlarda görülmektedir. Sulama ile toprakta çözünebilir tuzlar, kapilarite ile yukarı taşınmakta ve toprakta birikmektedir. Tuzlu topraklarda, sature olmuş toprak çamurunun EC>4 dS/m, değişebilir sodyum yüzdesi (ESP)< %15 ve toprak pH'sı ise <8,5'dir. Toprak çözeltisindeki temel katyonlar; Na, Ca, Mg ve K, anyonlar ise Cl, SO₄, HCO₃, CO₃ ve NO₃ mineraller olup tuzluluğa sebep olmaktadır. Toprakta tuz konsantrasyonunun artması osmotik basıncın artmasına neden olmakla birlikte bitkinin topraktan su alımı güçleşmekte, toprağın yapısı bozulmakta bitki gelişimi yavaşlamakta ve hatta durmasına neden olmaktadır. Bitkilerin tuza toleransları farklılık göstermektedir. Tuza duyarlı bitkiler, tuzlu ortamlarda kontrolsüz bir iyon alımı yapmaktadır. Bu bitkiler, alınan yüksek orandaki tuzu saklayacak bölümleri olmadığından, bitkinin zarar görmesine neden olmaktadır. Bu zarar osmotik bir stress olmayıp, daha çok iyon toksisitesinden meydana gelmektedir. Halofit bitkiler, fazla miktarda Na ve Cl tuzlarını alıp yapraklarında biriktirme yoluyla tuzluluğa karşı zarar görmezler. Tuzluluk problemi bulunan alanların, ıslah edilerek tarımda tekrar kullanılabilir hale getirilmesinin zaman alıcı ve oldukça pahalı yöntemler olması, tuza dayanıklı ve aynı zamanda ekonomik olarak yetiştirilebilecek bitki tür ve çeşitlerinin belirlenmesini zorunlu kılmaktadır. Tuzluluğa dayanıklı bitkilerin ıslahıyla, tuzluluk problem bulunan alanlar tarıma kazandırılabilir ve bilinçli sulamanın yaygınlaştırılması ile de toprak tuzlulaşmasının engellenebileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: Toprak tuzluluğu, tuza dayanım mekanizması

Soil Salinity and The Salt Resistance Mechanism of Plants

Abstract

Salinity is one of the major problems of the world land and 10 million hectares of land get out of hand with salinity effect every year. In the world, %23 of area under cultivation is salty, %37 is sodic. In Turkey, approximately 1.5 million hectares of suitable for irrigation area have salinity and alkalinity, 2.8 million hectares have drainage problems. Soil salinity, especially in arid and semi-arid region is seen especially in lack of drainage areas. The soluble salts are transported upwards by capillarity with irrigation and deposited in the soil. In the saline soils, EC of saturated soil is >4ds/m, exchangeable sodium percentage (ESP) is <%15 and soil pH is <8.5. In the soil solution, basic cations (Na, Ca, Mg and K) and anion (Cl, SO₄, HCO₃, CO₃ and NO₃) are minerals which are cause salinity. In the soil, increasing the salt concentration caused an increase osmotic pressure, so water uptake of plants from the soil is difficult, it causes deterioration of soil structure and plant growth is slow or even lead to stop. Salt tolerance of plants are vary. Salt-sensitive plants makes an uncontrolled uptake ion in salty environment. This plants haven't section to store a high ratio of salt, it causes damage to the plant. This damage is not an osmotic stress, is composed of more ion toxicity. Halophytes plants are not damaged against salinity with accumulation Na and Cl salts in leaves. Breeding of salinity soils and gaining agriculture are receiver time and expensive, this requires determination of salt-tolerant plants which can be grown economically. It is contemplated that salinity soils can be brought into agricultural area with salt tolerant plants breeding and the soil salinity can be prevented with the dissemination of deliberately irrigation.

Keywords: Soil salinity, salt resistance mechanism

GİRİŞ

Tuzluluk dünya topraklarının önemli sorunlarından birisidir ve her yıl 10 milyon ha arazi tuzluluk etkisiyle elden çıkmaktadır [29]. Dünyada yaklaşık olarak 1.5x10⁹ ha alanda tarım yapılmakta olup bu alanların 0.34x10⁹ (%23) hektarı tuzlu ve 0.56x10⁹ (%37) hektarı ise sodiktir. Tuzlu ve sodik topraklar, tarım alanlarının yaklaşık %10'nunu kaplamaktadır [38]. Türkiye'de sulamaya uygun olan 12.5 milyon hektarlık arazinin, il toprak kaynakları envanterine göre, yaklaşık 1.5 milyon hektarında tuzluluk

ve alkalilik, 2.8 milyon hektarında ise drenaj sorunu bulunmaktadır [20]. Bu durum Türkiye'de sulamaya uygun arazilerin yaklaşık %32.5'inde tuzluluk, alkalilik ve drenaj sorunları olduğunu göstermektedir. Bu değerlendirmelerden yaklaşık on yıl sonra ise bazı araştırmacılar dünya tarım topraklarının yaklaşık %40'nın tuzluluk tehdidi altında olduğunu [36]; bir diğer araştırmacı ise toplam sulanan alanların yaklaşık %20'sinin tuzluluktan etkilendiğini ve dünyada sulanan alanlarının yaklaşık yarısının tuzlulaşma ile karşı karşıya olduğunu ifade etmektedir [9].

Türkiye’de tuzluluğun sorun olduğu ovalar incelendiğinde Harran, Amik, Konya ve Aşağı Seyhan ovası dikkati çekmektedir. Örneğin Harran Ovası’nda sulama öncesi (1964-1965) yapılan arazi tasnif etüdü çalışmaları sonucunda 8513 ha alanın tuzlu, 3289 ha alanın tuzlu-sodyumlu ve 33 ha alanın da sodyumlu olduğu belirtilmiştir [16]. GAP’ın beraberinde artan tuzlulaşma sorunuyla toplam tuzlu alanın 11.403 ha ulaştığı, genellikle Akçakale, Ekinyazı ve Gürgelen bölgelerinde etkili olduğu bilinmektedir [28]. Özellikle yarı kurak bir iklime sahip Harran Ovası’nın jeomorfolojik yapısı ve iklim koşulları tuzlulaşmanın artması için zemin hazırlamıştır. Harran Ovası’nın tuzlulaşmasının en önemli etkenlerinden biri olan jeomorfolojik yapının çevreye göre çukur olması ve bunun sonucu olarak taban suyunun birikmesi ovanın en düşük eğime sahip bölümünde görülmektedir. Diğer önemli faktör ise 1978 yılından sonra ovanın güneyinin yüksek miktarda tuz içeren yeraltı pompaj sularıyla sulanmasıdır. Tuzlu pompaj sularının doğrudan sulamada kullanılması topraktaki tuz konsantrasyonunu artırdığı gibi, taban suyunun seviyesinin de artmasına neden olarak tuzlu alanların oranında bir artış meydana getirmiştir [14]. Son yıllarda hızla artan tuzlulaşmanın etkileri tarımsal üretimi olumsuz yönde etkilemektedir. Tuzluluk şiddeti arttıkça verim kaybı da artmaktadır. Örneğin Harran ovasında tuzluluk sonucu pamuk ve buğday üretiminde meydana gelen ekonomik kaybın 4.811.347 YTL, brüt kaybın ise 1.971.968 YTL olduğu bilinmektedir. Ayrıca pamuk üretiminde verim kaybı hafif tuzlu topraklarda 840 kg/ha, orta tuzlu topraklarda 1.040 kg/ha, şiddetli tuzlu topraklarda 1.700 kg/ha’dır [42].

Tuzluluğun Tanımı ve Oluşumu

Toprak tuzluluğu özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde özellikle drenaj eksikliği görülen alanlarda görülmektedir. Önlem alınmadığı durumda ve sulamanın yapılması halinde tuzlanma çok daha hızlı bir şekilde ortaya çıkmaktadır. Sulama ile toprakta çözünebilir tuzlar, kapilarite ile yukarı taşınmakta ve toprakta birikmektedir. Sulamanın yanlış uygulanması, yeterli drenajın olmaması veya sulama suyunda yüksek miktarda eriyebilir tuzların bulunması tuzlanmanın diğer nedenleri arasında sayılmaktadır. Tuzlu topraklarda, sature olmuş toprak çamurunun $EC > 4$ dS/m, değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) < 15 ve toprak pH’sı ise $< 8,5$ ’dir (Oster ve Jayawardane, 1998). Toprak çözeltisindeki temel katyonlar; Na, Ca, Mg ve K, anyonlar ise Cl, SO₄, HCO₃, CO₃ ve NO₃ mineraller olup tuzluluğa sebep olmaktadır.

Tuzluluk litrede milimol (mmol/l) veya litrede milimio yük (mmol yük/l veya meq/l) ve litrede milligram (mg/l veya ppm) olarak tanımlanmaktadır. Topraktaki tuzluluk için kullanılan diğer terimler ise elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözülebilir tuzlar (TDS) ve osmotik potansiyel (Ψ)’dir.

Bu birimler aşağıdaki gibi birbirine dönüştürülebilmektedir:

$$\Psi \text{ (MPa)} = -0.036 \times EC \text{ (dS/m)} \text{ veya } TDS \text{ (mg/l)} = 640 \times EC \text{ (dS/m)}$$

Kurak ve yarı kurak bölgelerde tuzluluk büyük bir problem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bu bölgelerde tuzluluğun oluşmasının temel nedeni, yetersiz yağış ile birlikte aşırı buharlaşmadır [19]. Tuzluluk, doğal olarak kurak alanlarda görülmekte ancak insanlığın çabasıyla aşırı sulama nedeniyle sulanabilen arazilerde ortaya çıkmaktadır [22]. Kötü drenej ve aşırı sulama sonucu taban suyu yükselmekte ve yüksek sıcaklık nedeniyle topraktaki su

buharlaşmakta ve suda çözülmüş tuzlar yüzeyde kalarak tuzluluk oluşmaktadır.

Tuzlu Toprakların Sınıflandırılması

Tuzlu ve alkali toprakların sınıflandırılması ile ilgili yapılan ilk çalışmalar 1900 yılların başında başlamış ve topraklar farklı kriter içeren çeşitli sınıflandırma sistemleri ile sınıflandırılmıştır. Janitzky (1957), Hilgard Kaliforniya’da tuzlu ve alkali toprakları sınıflandırırken sodyum iyonunun miktarı ve cinsini esas almış olup, ilk defa alkali toprak terimini kullanmıştır [25]. Aynı araştırmacı toprakları Beyaz alkali ve Siyah alkali olarak sınıflandırmasının yanı sıra sahil çorakları ve kara çorakları olarak sınıflandırmıştır. Daha sonraki dönemlerde De Sigmond (1938) tarafından yapılan kimyasal sınıflandırmada alkali toprakların gelişme süreci öne çıkarılmış ve tuzlu, tuzlu alkali, yıkanmış alkali, bozunmuş alkali ve ıslah edilmiş alkali topraklar olarak sınıflandırılmışlardır [15]. Bu sınıflandırmadaki kategoriler sadece toplam oransal tuz miktarları ve toplam oransal sodyum miktarlarına göre birbirinden ayırt edilmişlerdir [10] (Budak, 2012).

ABD Ulusal Tuzluluk Laboratuvarı (US Salinity Laboratory Staff, 1954), De Sigmond tarafından yapılan bu sınıflandırmayı esas alarak yeni bir sınıflandırma sistemi geliştirmiştir [39]. Bu sınıflandırmadaki parametrelerde pH, elektriksel iletkenlik (EC) ve değişebilir sodyum yüzdesi (ESP), Sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) değerleridir [31]. Bu sınıflandırmaya göre topraklar tuzlu, tuzlu-alkali ve tuzsuz alkali topraklar olarak 3 sınıfa ayrılmıştır [10].

Toprak tuzluluğu ve alkaliliği sınıflandırmasında toprağın kimyasal özelliklerinden olan pH, SAR (Sodyum adsorpsiyon oranı), EC (elektriksel iletkenlik) ve ESP değerleri (değişebilir sodyum yüzdesi) en önemli parametrelerdir (Çizelge 1). ESP değeri hesaplanırken Na⁺’un Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺’a olan oranı göz önünde bulundurulur [13; 18; 31]. Toprakta tuzluluğun göstergesi olan suda çözünebilir tuz konsantrasyonu veya EC birçok birimle ifade edilmektedir. Bunlar bir litre çözeltideki tuz konsantrasyonuna göre mol/l, mg/l, ppm, miliekivolan/l, EC ise dS/m veya milimhos/cm olarak ifade edilir [35; 2; 40; 23; 3; 10].

Çizelge 1. Tuzlu-alkali toprakların sınıflandırılması [35; 2; 40; 23; 3; 10].

Sınıf	pH	EC (dS/m)	ESP (%)	SAR	Top. Fiz. Özel.
Tuzsuz	< 8,5	< 4	< 15	< 13	İyi
Tuzlu	< 8,5	> 4	< 15	< 13	İyi
Tuzlu- Alkali	< 8,5	> 4	> 15	> 13	İyi
Sodik	> 8,5	< 4	> 15	> 13	Kötü

Tuzluluk toprak profilinin solum kısmında (A ve B Horizonlarını içeren) suda çözünebilir tuzların birikmesi sonucu oluşmaktadır. Eğer bir toprağın saturasyon ekstraktının elektriksel iletkenliği 4 dS/m’ten büyük ise tuzlu toprak olarak sınıflandırılır [34].

Türkiye’de tuzlu ve sodyumlu toprakların ilk ön etüdüleri Harvey Oakes tarafından 1954 yılında yapılmıştır. Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü tarafından tüm fiziksel ve kimyasal laboratuvar analizleri yapılan bu çalışma, bir ön etüd ve daha çok istikşafî (ön inceleme) bir öneme sahiptir. Bu çalışmada, soloncak (tuzlu) topraklar ve zayıf drenaja bağlı olarak tuzluluk sorunu gösteren hidromorfik alüviyal

topraklar ile kıyı kumul, bataklık kompleksleriyle birlikte tarıma elverişsiz topraklar belirlenmiştir. Bu sorunlu topraklardan bazıları fazla tuz ihtiva etmesiyle oluşmuş hakiki soloncaklardır. Bazıları ise başlangıçta normal olan topraklara sonradan sulama suları veya sulama kanallarından sızan sularla ilave edilen tuzlarla meydana gelmiş topraklardır [4]. Bugün yapılan çalışmalara göre Türkiye’de yaklaşık 1 100 000 ha alan tuzlu, 390 000 ha alan tuzlu alkali ve 10 000 ha alanda alkali olmak üzere toplam 1,5 milyon ha alanda tuzluluk ve alkalilik sorunu görülmektedir. Türkiye topraklarının %1,7’sinde tuzluluk ve alkalilik, % 1,3’ünde drenaj sorunu mevcuttur. İşlemli tarım arazilerinin ise %3,8’inde tuzluluk ve alkalilik sorunu, %9,0’unda drenaj sorunu mevcuttur [1]. Sönmez ve ark., (2008)’nin yaptığı bir çalışmaya göre ülkemizde yapılan toprak etütlerinde 1 517 695 ha olan çorak topraklar toplam işlenen tarım arazilerinin %5,48’ine eşdeğer büyüklüktedir [37]. Ayrıca aynı araştırmacı ülkemiz topraklarında toplam 2 775 115 ha arazide tuzluluk ve drenaj sorununun olduğunu belirtmiştir. Türkiye’de tüm mevcut veriler çoraklığın oluşmasında iklim, drenaj, tarımsal işlemler ve toprak karakteristiklerinin etkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Bitkilerde Tuz Stresi ve Dayanıklılık Mekanizması

Tuzluluk bitkilerde superoksit, hidrojen peroksit, hidroksil ve alkolid gibi duyarlı oksijen türlerinin (ROS) üretilmesi nedeniyle oksidasyon stresine neden olmaktadır. Hücrede üretilen bu duyarlı oksijen türleri (ROS) enzimatik olmayan ve olan antioksidan sistemler tarafından etkisiz hale getirilebilmektedir. Bu enzimatik antioksidan sistemler guaiacol peroksidaz (POD), katalaz (CAT), superoksit dismutase (SOD), askorbat peroksidaz (APX) ve Glutathione reduktaz [6; 7] gibi bir kaç enzimden oluşmaktadır. Ayrıca etilen, absisik asit, salisilik asit ve steroidler gibi bitki hormonları da bitkinin antioksidan enzimatik sisteminin düzenlenmesini sağlamaktadır [12]. Bitki stoplazmasında aşırı miktarda bulunan Na, protein sentezini ve enzim aktivitesini engelleyerek toksik etki göstermektedir. Buna karşın, dokularında sodyuma göre daha fazla oranda biriken klorun ise yapraklarda zararlanmalara yol açarak fotosentezi dolayısıyla ürünü olumsuz yönde etkilemektedir (literatür). Tarımı yapılan kültür bitkilerinin tümü, tuzluluğa karşı aynı tepkiyi göstermemektedir. Bazı bitkiler tuzluluğa karşı daha hassas iken, bazı bitkiler daha dayanıklıdır. Tuza dayanıklılık açısından bitkiler tuza yüksek derecede dayanıklı bitkiler (Şekerpancarı, pamuk, arpa, şeker kamışı), tuza orta derecede dayanıklı bitkiler (Buğday, ayçiçeği, kaba yonca), tuza düşük derecede dayanıklı bitkiler (Kızıl yonca, baklagiller, çeltik, mısır) şeklinde sınıflandırılabilir [5].

Diğer bir açıdan bakılacak olursa bitkilerin tuzluluğa karşı tolerans değerlerinin yorumlanabilmesi için tuzluluk düzeyine göre sınıflandırma yapılabilir. Bu değerler Çizelge 2’de verilmiştir.

Çizelge 2. Kültür bitkilerinin toprak tuzluluğuna yanıtları [27].

Tuzluluk (EC dS/m)	Bitkinin yanıtı
0-2	Kabul edilebilir sınır
2-4	Duyarlı bitkilerde zarar verici seviye
4-8	Birçok bitkide büyümeyi sınırlandırıcı seviye
8-16	Tolerant bitkilerin dayanabileceği seviye
>16	Çok yüksek tolerant bazı bitkilerin dayanabileceği seviye

Tuza duyarlı bitkiler, tuzlu ortamlarda kontrolsüz bir iyon alımı yapmaktadır. Bu bitkiler, alınan yüksek orandaki tuzu saklayacak bölümleri olmadığından, bitkinin zarar görmesine neden olmaktadır. Bu zarar ozmotik bir stress olmayıp, daha çok iyon sürgününden meydana gelmektedir. Diğer bir tuzluluk stresi ise kök bölgesinde olmaktadır. Tuza duyarlı bitkiler, yüksek konsantrasyonlarda tuz ile karşılaşmalarında, köklerin gelişimi engellemekte ve aynı zamanda tuz toksisitesinden etkilenmektedir. İkinci tuzluluk stresi ise öncelikle köklerde meydana gelmekte, fakat büyümedeki sınırlamalar ve toksisite belirtileri daha çok sürgünlerde görülmektedir. Böylelikle tuzluluk stresi bitkilerde iç ve dış bölümlerin birlikte etkileri sonucu kendisini göstermektedir.

Halofit bitkiler, fazla miktarda Na ve Cl tuzlarını alıp yapraklarında biriktirme yoluyla tuzluluğa karşı zarar görmezler. Bu bitkiler, yapraklarda biriken tuzları topraktaki düşük ozmotik potansiyeli ayarlamak için kullanırlar. Bu ozmotik ayarlamaların önemli bir yanı, biriken tuzların hücre vakuollerinden izole edilmesidir. Böylelikle, tuz stoplazma ve organellerinde düşük oranlarda tutularak metabolizma ve enzim aktivitesine zarar vermesi engellenir [30].

Bitkilerin tuz, sıcaklık gibi stres faktörlerine dayanıklılıkta iki yol izledikleri; bunlardan ilkinin stresden ‘kaçınma’ olduğu ve bitkilerin bunun için yapılarında morfolojik ve kimyasal değişiklikler gerçekleştirdiği belirtilmektedir. İkinci yol ise dayanıklılık mekanizması olup, stres faktörünün etkisini hücre ve doku seviyesinde değişiklikler yaparak azaltma çabası olduğu bilinmektedir [8]. Tuzluluğun yarattığı ozmotik stres sonunda sitoplazmanın ozmotik potansiyeli, prolin, glisin betain ve sakkaroz gibi organik bileşiklerin birikimi ile sağladığı belirtilmektedir [41]. Bitkilerde Na yapraklarda birikerek klorofil moleküllerindeki Mg ile yer değiştirmekte ve klorofillerin yapısını bozarak klorozis’e neden olmakta, bir stres proteini olan prolinin hücrelerde üretimi ve birikimi artmaktadır [8]. Bitkiler tuz stresi koşullarında, prolin üreterek hücrenin osmotik basınçlarını yükseltmekte, bu sayede de besin ortamında ortaya çıkan yüksek osmatik basıncı dengelemekte ve yaşamlarını sürdürebilmektedir. Tuz stresinin olduğu ortamda, hücre zarı yüzeyine biriken NaCl moleküllerinin iyonizasyonu sonucu oluşan Cl iyonları pH’yı hızla düşürmekte bunun sonucunda zar proteinlerinin hidrojen bağları kopmakta ve proteinlerden, protein pompalarından K, Ca gibi iyonlar da koparak ortama dağılmakta, bunun sonucu olarak da zararın zararlanması oranında serbest iyon konsantrasyonu artmaktadır [33].

SONUÇ

Tuzluluk, kurak ve yarı kurak iklim koşullarının hakim olduğu bölgelerde özellikle drenaj eksikliği görülen alanlarda görülen önemli bir tarımsal problem olup, hem dünyada hem de Türkiye’de tuzluluk problemi bulunan toprak miktarı sürekli artış göstermektedir. Sulama ile toprakta çözünebilir tuzlar, kapilarite ile yukarı taşınmakta ve toprakta birikmektedir. Sulamanın yanlış uygulanması, yeterli drenajın olmaması veya sulama suyunda yüksek miktarda eriyebilir tuzların bulunması tuzlanmanın diğer nedenleri arasında sayılmaktadır.

Tuzluluk bitkiler üzerinde gerek osmotik, gerekse iyon etkilerinde bulunarak ciddi verim kayıplarına sebep olabilmektedir. Bitkiler, tuzların bu zararlı etkilerinden sakınmak için ya gerekli osmotik ayarlamaları yaparak iyon alımını azaltmakta ya da iyon alımını müsaade ederek

aldıkları iyonları kök, gövde ve yapraklarında depo etmektedirler.

Tuzluluk problemi bulunan alanların, ıslah edilerek tarımda tekrar kullanılabilir hale getirilmesinin zaman alıcı ve oldukça pahalı yöntemler olması, tuza dayanıklı ve aynı zamanda ekonomik olarak yetiştirilebilecek bitki tür ve çeşitlerinin belirlenmesini zorunlu kılmaktadır. Tuzluluğa dayanıklı bitkilerin ıslahıyla, tuzluluk problem bulunan alanlar tarıma kazandırılacağı ve bilinçli sulamanın yaygınlaştırılması ile de toprak tuzlulaşmasının engellenebileceği düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

[1] Akış, A., Kayta, B., Seferov, R., Başkan, H.O., 2003. Harran Ovası ve çevresindeki tarım arazilerinde tuzluluk problemleri ve bu problemin iklim özellikleriyle ilişkisi. Selçuk Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, 14:21-38.

[2] Anonim, 1996. Plants material for saline-alkaline soils., Technical Notes., U.S. Department of Agriculture Natural Resources Conservation Service Bridger, Montana October 1.

[3] Anonim, 2010a.

[http://harristurf.crinet.com/education/train/pdfs/alkaline soil.pdf](http://harristurf.crinet.com/education/train/pdfs/alkaline%20soil.pdf) (Erişim Tarihi:20.01.2010)

[4] Anonim,2010b.) Giriş 17.01.2010

[5]Anonim, 2007. Toprakta Tuzluluk. <http://www.bahce.biz/toprak/tuzluluk.html>

[6] Asada, K., Takahashi, M., 1987. Production and scavenging of active oxygen in photosynthesis. In: Kyle DJ, Osmond CJ, Artzen CJ (eds), Photoinhibition: Topics in Photosynthesis, pp. 227-287. Elsevier, Amsterdam.

[7] Arora, A., Sairam, R.K., Srivastava, G.C., 2002. Oxidative stress and antioxidative system in plants. Curr. Sci. 82: 1227-1238.

[8] Avcıoğlu, R., Demiroğlu, G., Khalvati, M. A., ve Geren, H., 2003. Ozmotik basıncın bazı kültür bitkilerinin erken gelişme dönemindeki etkileri II. Prolin, Klorofil Birikimi ve Zar Dayanıklılığı. Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 40(2):9-16.

[9] Binici, S., 2005. Tuzlu koşullarda yetişen buğday bitkisinin fizyolojik ve bazı besin elementlerinin alımı üzerine gibberellik ve absisik asitlerin etkileri. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 46s.

[10] Budak, M., 2012. Tuzlu alkali toprakların oluşumu, sınıflandırılması ve klasik toprak etüd ve jeostatistik yöntemlerle haritalanması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, Doktora Tezi.

[11] Bresler, E. ve Charter, D. L. 1982. Saline and Sodic Soils. Springer Verlag. Principles-Dynamics-Modelling. Berlin Heidelberg, New York. 227.

[12] Cao, S., Xu, Q., Cao, Y., Qion, K., An, K., Zhu, Y., Binzeng, H., Zhao, H., Kuai, B., 2005. Loss-of-function mutation in DET2 gene lead to an enhanced resistance to oxidative stress in Arabidopsis. Physiol. Plant. 123: 57-66.

[13] Corvin, D.L., Lesch, S. M., 2005. Characterizing soil spatial variability with apparent soil electrical conductivity. I. Survey protocols Science Direct Computers and Electronics in Agriculture 46:103-133.

[14] Çullu, M.A., 1999. Gap'ta tuzlulaşma ve Harran Ovasının durumu. Toprak tuzlulaşması, Workshop Tema Vakfı Yayınları, 30: 56-64, İstanbul.

[15] De Sigmond, A., 1938. The principles of soil science. London

[16] DSİ., 1971. Aşağı Fırat Projesi Urfa-Harran Ovası Planlama Arazi Tasnif Raporu. DSİ 10. Bölge Müd. Proje No:2108.03.01, Diyarbakır.

[17] Ekmekçi, E., Apan, M., ve Kara, T., 2005. Tuzluluğun bitki gelişimine etkisi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(3):118-125.

[18] Fernandes-Buces, N., siebe, C., Cram, S., Palacio, J.L., 2006. Mapping soil salinity using a combined spectral response index for bare soil and vegetation: A Case Study in the Former Lake Texcoco, Mexico., Journal of Arid Environments Elsevier.

[19] Greenway, H., Munns, R., 1980. Mechanisms of salt tolerance in non halophytes, Annual Review in Plant Physiology, 31:149-190.

[20] Güngör, Y., Erözel, Z. 1994. Drenaj ve Arazi Islahı. Ders Kitabı. Ankara Ün. Ziraat Fak. Ders Kitabı, (1994).

[21] Georgieva, K., 1999. Some mechanisms of damage and acclimation of the photosynthetic apparatus due to high temperature. Bulg. J. Plant Physiol., 25(3-4): 89-99.

[22] Hanson, B., Grattan, S.R., Fulton, A., 1993. Agricultural salinity and drainage, Universty of California Division of Agriculture and Natural Resources Publication, Oakland, pp.156.

[23] Horneck, D.A., Ellsworth, J.W., Hopkins, B.G., Sullivan, D.M., Steven, R.G., 2007. Managing salt-affected soils for crop production. A Pacific Northwest Extension. Oregon State University.

[24] Hong, S.W., Lee, U., Vierling, E., 2003. Arabidopsis hot mutants define multiple functions required for acclimation to high temperatures. Plant Physiology, 132: 757-767.

[25] Janitzky, P., 1954. Salz-und alkaliböden und wege zu ihrer verbesserung, Vergleich russich und amerikanischer Forschungsergebnisse, Gieben.

[26] James, D. W., Hanks, R.J., Jurinak, J.J., 1982. Modern Irrigated Soils. John Wiley and Sons Printed in the USA.(1982), 235.

[27] Jenks, M.A., Hasagawa, P.M., Jain, S.M., 2007. Advances in molecular breeding toward drought and salt tolerans crops, springer, netherland.

[28] Kanber, R., Çullu, M.A., Kendirli, B., Antepli, S., Yılmaz, S., 2005. Sulama, Drenaj ve Tuzluluk. VI. Türkiye Ziraat Mühendisliği Kongresi, Ankara, s.213-253.

[29] Kwiatowski, J., 1998. Salinity classification, mapping and management in Alberta.

[30] Lauchli, A., E., Epstein., 1984. Mechanisms of Salt Tolerance in Plants. Journal of Califonia Agriculture, October, 18-22.

[31] Odeh, I.O., Onus, A., 2008. Spatial analysis of soil salinity and soil structural satability in a semiarid region of New South Wales, Australia, Environmental management 42:265-278 DOI 10.1017/s00267-008-9100-z.

[32] Oster, J.D., Jayawardane, N.S., 1998. Agricultural management of sodic soils, Eds Summer M.E., Naidu R., Sodic Soils: Distribution, Processes, management and Anvironmental Consequences, chap. 8. Oxford University Press, Oxford, 125-147.

[33] Öztürk, L., Demir, Y., 2002. In vivo and in vitro protective role of proline. Plant Growth Regulation, 38:259-264.

[34] Rengasamy, P., 2006. World salinity with emphasis on Australia. Journal of Experimental Botany, 57 (5): 1017 Pp:1-13.

- [35] Richard, L.A., 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S.Dept. Agr. Handbook, 5: 105 - 106.
- [36] Serreno, R., Gaxiola, R., 1994. Microbial models and salt tolerance in plants, Crit. Rev. Plant Sci. 13: 121-138.
- [37] Sönmez, B., Beyazgül, M., 2008. Türkiye’de tuzlu ve sodyumlu toprakların ıslahı ve yönetimi. Toprak Gübre ve Su kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, teknik Yayın No:33, Ankara.
- [38] Szabolcs, I., 1989. Salt Affected Soils. CRC. Press, Inc. Boca Raton, Fla, 274.
- [39] U.S. Salinity Laboratory Staff, 1954. Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. Agricultural Handbook No:60.
- [40] Tanju, Ö., 1996. Toprak genesis ve sınıflandırılması. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü, Ziraat Fakültesi Yayınları No:1472 Ders Kitabı.
- [41] Taban, S., Güneş, A., Alpaslan, M., Özcan, H., 1999. Değişik Mısır (Zea mays L. cvs) Çeşitlerinin Tuz Stresine Duyarlılıkları. Tr. J. Of Agriculture and Forestry, 23 (3):625-633.
- [42] Topaloğlu, R., 2006. Harran ovasında tuzluluk sonucu pamuk ve buğday üretiminde ortaya çıkan ekonomik kaybın belirlenmesi üzerine bir araştırma. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarım Ekonomisi Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Şanlıurfa, 54s.